

**CONTROL DE INUNDACIONES EMPLEANDO LOS SISTEMAS DE DRENAJE  
SOSTENIBLE COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACION URBANA  
EN EL MUNICIPIO DE TURBACO**



**MILTON GUERRERO PAJARO**

**UNIVERSIDAD DEL NORTE  
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
MAESTRIA EN URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL  
BARRANQUILLA 2014**

**CONTROL DE INUNDACIONES EMPLEANDO LOS SISTEMAS DE DRENAJE  
SOSTENIBLE COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACION URBANA  
EN EL MUNICIPIO DE TURBACO**

**MILTON GUERRERO PAJARO**

**TESIS DE MAESTRIA EN URBANISMO  
Y DESARROLLO TERRITORIAL**

**DIRECTOR:  
OSCAR CORONADO**

**UNIVERSIDAD DEL NORTE  
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
MAESTRIA EN URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL  
BARRANQUILLA 2013**

## TABLA DE CONTENIDO

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | INTRODUCCION.....   | 7  |
| 2      | OBJETIVOS.....  | 8  |
| 2.1    | OBJETIVOS GENERAL.....  | 8  |
| 2.2    | OBJETIVOS ESPECIFICOS .....   | 8  |
| 3      | ANTECEDENTES .....  | 9  |
| 4      | JUSTIFICACION .....   | 11 |
| 5      | PROBLEMA DE INVESTIGACION.....  | 12 |
| 6      | ESTADO DEL ARTE .....   | 14 |
| 7      | MARCO NORMATIVO.....  | 16 |
| 8      | MARCO TEORICO – CONCEPTUAL .....  | 19 |
| 9      | METODOLOGIA.....  | 27 |
| 9.1    | Recopilación y revisión de la información existente .....                                     | 27 |
| 9.2    | Análisis de la información existente .....  | 27 |
| 9.2.1  | Salidas de Reconocimiento y Recolección de información de campo.....                          | 27 |
| 9.3    | Análisis de la información recopilada y montaje en un sistema de información geográfica. .... | 28 |
| 9.4    | Trazado de subcuencas, modelación hidrológica e hidráulica y trazado de cuencas.....          | 28 |
| 9.5    | Propuesta de gestión urbana de las inundaciones.....  | 30 |
| 10     | CASO DE ESTUDIO .....   | 31 |
| 10.1   | Aspecto biofísico.....  | 32 |
| 10.1.1 | Clima .....   | 32 |
| 10.1.2 | Precipitaciones .....   | 33 |
| 10.1.3 | Humedad relativa .....  | 34 |
| 10.1.4 | Geología.....   | 34 |
| 10.1.5 | Geomorfología.....  | 36 |
| 10.1.6 | Suelos .....  | 37 |
| 10.2   | DIAGNOSTICO DEL AREA DE ESTUDIO.....  | 37 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 10.2.1 | Socio Económico.....  | 37 |
| 10.2.2 | Descripciones de las afectaciones socioeconómicas de las inundaciones en el municipio de Turbaco..... | 39 |
| 10.2.3 | Ambiental .....   | 43 |
| 10.2.4 | Hidráulico .....  | 45 |
| 10.2.5 | Urbano (PBOT).....  | 47 |
| 11     | ANALISIS DE LA INFORMACION.....   | 49 |
| 11.1   | Área de inundación por escorrentía superficial.....   | 49 |
| 11.2   | Impacto de las inundaciones en los barrios .....  | 51 |
| 11.3   | Cambios a nivel urbano.....   | 52 |
| 11.3.1 | Usos de suelo actual.....   | 57 |
| 12     | PROPUESTA DE PLANIFICACION URBANA .....   | 60 |
| 12.1   | MODELO HIDROLÓGICO .....  | 61 |
| 12.1.1 | Área de drenaje.....  | 61 |
| 12.1.2 | Análisis de la precipitación .....  | 62 |
| 12.1.3 | Caudales .....  | 63 |
| 12.2   | MODELO HIDRÁULICO.....  | 64 |
| 12.2.1 | Situación actual.....   | 64 |
| 12.2.2 | Solución al problema .....  | 64 |
| 12.2.3 | Canales principales.....  | 65 |
| 12.2.4 | Estructura de almacenamiento .....  | 67 |
| 12.3   | Sistema de aplicación de los SUDS en el área de estudio.....  | 70 |
| 13     | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....   | 78 |
| 14     | BIBLIOGRAFIA.....   | 80 |
|        | ANEXOS .....  | 82 |

## LISTAS DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Localización casco urbano municipio de Turbaco .....                              | 31 |
| Figura 2. Temperatura media.....  | 33 |
| Figura 3. Precipitación media.....  | 34 |
| Figura 4. Número de hogares por vivienda .....  | 40 |
| Figura 5. Calle Principal Pavimentada .....   | 40 |
| Figura 6. Inundaciones por lluvias en la vivienda .....                                     | 41 |
| Figura 7. Número de veces de inundaciones .....   | 42 |
| Figura 8. Nivel en centímetros al que llega el agua en la vivienda .....                    | 42 |
| Figura 9. Botadero satélite ubicado en el Barrio la Cruz frente al Estadio Rafael Naar..... | 44 |
| Figura 10. Micro-cuencas municipio de Turbaco. ....   | 45 |
| Figura 11. Área de servicios complementarios .....  | 48 |
| Figura 12. Área de inundación municipio de Turbaco .....                                    | 50 |
| Figura 13. Proyectos urbanísticos del municipio.....  | 51 |
| Figura 14. Inundación Sector El Ají Año 2010.....   | 52 |
| Figura 15. Inundación Sector Villa Leydi Año 2010 .....                                     | 52 |
| Figura 16. Inundación Sector Plan Parejo Año 2010.....                                      | 52 |
| Figura 17. Evolución histórica del casco urbano.....  | 53 |
| Figura 18. Sector Plan Parejo, Ají y Villa Leydi - Año 2007 .....                           | 55 |
| Figura 19. Sector Plan Parejo, Ají y Villa Leydi - Año 2010 .....                           | 56 |
| Figura 20. Sector Plan Parejo, Ají y Villa Leydi - Año 2013 .....                           | 56 |
| Figura 21. Uso actual del suelo en el Casco urbano del municipio.....                       | 58 |
| Figura 22. Configuración de estructuras de drenaje propuestas.....                          | 60 |
| Figura 23. Subcuenca Casco Urbano .....   | 61 |
| Figura 24. Hidrograma Total .....   | 63 |
| Figura 25. Hidrogramas para un periodo de retorno de 10 años.....                           | 64 |
| Figura 26. Perfil de flujo en el canal principal.....                                       | 66 |
| Figura 27. Perfil de flujo en el canal El Ají .....   | 66 |
| Figura 28. Sección típica del canal principal .....   | 67 |
| Figura 29. Ubicación de estructura de almacenamiento .....                                  | 68 |
| Figura 30. Hidrograma de amortiguamiento de la cuenca 1 a través del embalse.....           | 68 |
| Figura 31. Vista en perfil del embalse .....  | 69 |
| Figura 32. Vista en planta del embalse.....   | 69 |
| Figura 33. Embalse de retención propuesto.....  | 71 |
| Figura 34. Áreas sociales alrededor del embalse.....  | 71 |
| Figura 35. Practicas de deportes nauticos .....   | 72 |
| Figura 36. Áreas deportivas alrededor del embalse .....                                     | 72 |
| Figura 37. Trazado de canales propuestos .....  | 73 |
| Figura 38. Canal trapezoidal en hierba.....   | 74 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 39. Canal en planta .....                       | 75 |
| Figura 40. Perfil de calles municipio de Turbaco ..... | 76 |
| Figura 41. Perfil de calle municipio de Turbaco .....  | 76 |
| Figura 42. Perfil de calles municipio de Turbaco ..... | 77 |

## **1 INTRODUCCION**

Año tras año diferentes poblaciones y ciudades de nuestro país sufren el devastador paso de las inundaciones, lo que establece la prioridad de contar con voluntades técnicas, políticas y sociales que actúen de manera coordinada y de esta forma poder realizar cambios radicales. Mas a ya de dar solución a un problema sectorial, lo que se trata es de realizar un análisis integral del problema involucrándolo en un marco de articulación que sea coherente con las características del medio geográfico que se urbaniza, con los valores, recursos de la población, con la naturaleza de la población que se urbaniza y de sus formas.

Las inundaciones ocurridas debidas a problemas de cambio climático, así como la débil situación económica que enfrentan nuestros municipios y los conflictos que surgen entre la necesidad de desarrollo y la necesidad de conservar, plantean desafíos difíciles.

Para poder cambiar todo lo anterior y tratar de mitigar los riesgos de inundación en la sociedad afectada, se necesita de un modelo de gestión afín con la realidad de cada población el cual es motivo de desarrollo del presente documento.

Las inundaciones sistemáticas ocurridas en el municipio de Turbaco, Bolívar suponen un desafío a nuestra tarea de proponer un modelo de gestión urbana para las inundaciones, haciendo uso de herramientas tecnológicas como son los sistemas de información geográfica y modelos hidráulicos

Ahora bien, lo que se busca con la gestión de la inundaciones urbanas es realizar las acciones necesarias que permitan resolver o mitigar el riesgo de inundación, buscando que estas soluciones se incorporen al medio ambiente de tal forma que hagan parte de la belleza del paisaje urbano. Los sistemas de drenaje sostenible permiten incorporarse al paisaje de tal manera que además de ser una solución al problema de inundación embellecen el paisaje urbano.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVOS GENERAL**

Incorporar a la planificación urbana los sistemas de drenaje sostenible (SUDS), empleando las herramientas computacionales e instrumentos de planificación, con miras a mitigar riesgos por inundación para un desarrollo urbano adecuado

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Establecer un modelo conceptual de drenaje urbano sostenible utilizando como herramienta computacional el software swmm, que conlleve a establecer la dinámica de esorrentía en la zona de estudio.
- Emplear como herramienta de planificación urbana los sistemas de información geográficas (SIG), para el análisis de riesgos por inundación.
- Desarrollar una propuesta de planificación urbana, soportada en los sistemas de drenaje sostenible (SUDS) para control de inundaciones.



### 3 ANTECEDENTES

En el año 2004 el municipio de Turbaco; Bolívar firmó un convenio con la Universidad Tecnológica de Bolívar con el objetivo de realizar el estudio del Plan Vial y Drenajes de aguas lluvias. En el estudio se realizó el diagnóstico de la situación actual del sistema vial del municipio, mediante conteos de vehículos, levantamientos topográficos y análisis de las vías actuales; se propusieron alternativas de solución para la circulación en vías de importancia como la Cra.16, la Cra.13 y la 17 y la instalación de semáforos en varias intersecciones y señales preventivas en otras. En materia de drenaje el estudio estableció áreas de escorrentía, cuencas de los principales drenajes urbanos, caudales para lluvias con periodos de retorno de 10 años. Dentro las conclusiones que plantea el estudio están la ampliación de la estructura ubicada aguas abajo del arroyo Mameyal en el tramo que intercepta a la Carretera Troncal de Occidente en la vía que conduce al municipio de Arjona Bolívar. En este sector se propone recubrir con piedras los taludes del Arroyo Mameyal – Catalina con el objetivo de mitigar el proceso de erosión. Una de las variables que es constante en el diseño son las altas velocidades de circulación del flujo de agua en la mayoría de los cauces, otra de las constantes es la falta de mantenimiento y acumulación de basuras.<sup>1</sup>

Para el año 2006, se realizó el estudio Hidrogeológico y Determinación del Potencial Hídrico del área correspondiente al acuífero de Turbaco. Este estudio analizó las condiciones climáticas de la zona, la hidrografía, geomorfología y geología del área. Dentro de los puntos más relevantes del estudio se resalta que existe un balance hídrico deficitario total en el año, pero en los meses de lluvia existe excesos y almacenamiento en la cuenca. En el estudio también se resalta la concentración carbonato de calcio, nitritos y nitratos en 10 pozos analizados. Se destaca también el grado alto de dureza de estas aguas y en algunos de los

---

<sup>1</sup> Estudio del Plan Vial y Drenajes de aguas lluvias del municipio de Turbaco, Bolívar

pozos la contaminación con cierto grado de coliformes fecales. Concluye el estudio que por ser el acuífero no confinado está expuesto a la contaminación ya que presenta muchos yacimientos de agua dispersos por todo el territorio; uno de los puntos de recarga lo constituyen los Cerros Coloncito y La Campaña, clasificados en el POT como ecosistemas estratégicos; sin embargo se encuentran urbanizados con sectores como Paraíso, El Ají y Arroyo Lejos, zonas de ganadería y cultivos y el botadero municipal.<sup>2</sup>

Para el año 2007 Cardique desarrolla el Plan de ordenamiento y manejo de la Cuenca hidrográfica del complejo humedal del canal del dique. Dentro el estudio ubica la cuenca del Arroyo grande dentro de la unidad geográfica del Arroyo Caimán, con un área de 177 Km<sup>2</sup>. Se identifican dentro de este biomas de vegetación de bosque seco tropical y vegetación de Ciénagas herbáceas y arbustiva. Concluye el estudio que “hay un uso depredador de los recursos naturales por parte de las comunidades que se ubican en el área. Resalta el estudio la urbanización que han sufrido los humedales y las rondas de los arroyos, la contaminación por las aguas servidas y el uso de agroquímicos. También se resalta la explotación de canteras en cercanías a los arroyos y acuíferos. Es importante anotar que el estudio hace referencia a la declaración de reserva Ecológica de las microcuencas de los arroyos Grande, Cucuman, Arroyo Lejos, los cuales fueron declarados por medio de acuerdo municipal No 12 del 20 de mayo de 1998.<sup>3</sup>

Para el 2011 el municipio de Turbaco Bolívar, Cardique y la Universidad de Cartagena firman un convenio con fin de adelantar la primera fase del Plan de Drenaje Pluvial. Este estudio plantea la construcción de diferentes canales pluviales y box culvert, los cuales evacuaran las aguas producto del drenaje pluvial de una parte del municipio hasta llevarlas aguas debajo de este.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Hidrogeológico y Determinación del Potencial Hídrico del área correspondiente al acuífero de Turbaco, Bolívar

<sup>3</sup> Plan de ordenamiento y manejo de la Cuenca hidrográfica del complejo humedal del Canal del Dique.

<sup>4</sup> Primera fase del Plan prioritario de drenajes pluviales del municipio de Turbaco Bolívar

#### **4 JUSTIFICACION**

La presión del suelo urbano para utilizar como suelo urbanizable implica que el municipio cuente con un sistema eficiente de drenajes pluviales. Por otro el municipio adolece de un sistema de alcantarillado pluvial y un buen sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos, lo que permite la contaminación de las fuentes hídricas.

A todo lo anterior se suma la falta de cultura ambiental existente en la población lo que abona más el clima en favor de empeorar la situación

El municipio de Turbaco según el departamento Administrativo de estadísticas DANE en el año 2005 registro una población de 63.400 y para el año 2010 se proyecto una población de 67400 con una tasa de crecimiento de 2,64%, lo que ha aumentado la presión por el suelo y lógicamente por la construcción<sup>5</sup>.

Por otro lado según el plan básico de ordenamiento territorial, el crecimiento promedio proyectado para las diferentes áreas de uso del suelo en el municipio de Turbaco es de 28.5 has/año, según lo cual se puede establecer que en los últimos tiempos el crecimiento territorial de la estructura urbana requiere con urgencia planear el modelo de uso espacial de Turbaco como ciudad pequeña anexa a una urbe de importancia regional como Cartagena.

En la actualidad muchas áreas del municipio han sido urbanizadas de manera indiscriminada, lo ha tenido como consecuencia que las zonas que antes eran permeable ahora se conviertan en áreas no permeables por las cuales corre las aguas lluvias generando problemas de inundación

---

<sup>5</sup> Plan básico de Ordenamiento municipio de Turbaco, Bolívar año 2002

Por lo anterior se prevé que los problemas de inundación podrían incrementarse si no se toman las medidas de control necesarias y se diseñan soluciones que permitan asegurar el desarrollo sin riesgos para la población.

Todo este fenómeno de urbanización que se ha llevado a cabo y que se proyecta ha tenido como consecuencia la impermeabilización de zonas naturales, lo que ha ocasionado un aumento de caudales en las zonas urbanizadas, al no existir un buen sistema de drenaje pluvial, las aguas corren por las calles del casco urbano del municipio, muchas veces desbordando la capacidad de transporte de estas e inundando la infraestructura urbana existente. Todo este fenómeno es una alteración al ciclo hidrológico; para el restablecimiento de este ciclo hidrológico se proponen los sistemas de drenaje sostenible (SUDS), los cuales además de restablecer el ciclo hidrológico natural se integran paisajísticamente y socialmente al área urbanizada.

## **5 PROBLEMA DE INVESTIGACION**

El municipio de Turbaco, Bolívar se encuentra localizado al norte del departamento de Bolívar, a unos 15 km aproximadamente de la ciudad de Cartagena de Indias. En los últimos 10 años el casco urbano del municipio se ha visto presionado por la demanda de suelos para el desarrollo urbanístico, desarrollo que en muchos casos no se ha realizado de una forma dirigida causando consecuencias lamentables. La urbanización desordenada y la ocupación han mostrado resultados lamentables en los últimos años. Diferentes barrios del casco urbano del municipio han sido afectados por las inundaciones sistemáticas y con ello han aflorado diferentes problemas de salud, económicos, de movilidad, ambientales entre otros. Año tras año los habitantes de la cabecera urbana del municipio sufren las consecuencias, colocando a la cabecera urbana

de esta población en un riesgo alto de inundación. Por otro lado el taponamiento de caños naturales del municipio y la topografía agravan la situación. Hoy día este problema se ha convertido en uno de los más importantes que enfrenta la población y que debe resolver lo más pronto porque la presión en el suelo urbano cada día es mayor.

A finales del año 2010 e inicio de 2011 las lluvias ocasionaron inundaciones en diferentes barrios: Fátima, El Ají, El Recreo, Posa de Manga, La Victoria, el sector de Plan Parejo, parte del sector la Cruz, entre otros. Estas inundaciones causaron números estragos ocasionando cuantiosas pérdidas materiales y varias enfermedades, en alguno de ellos las inundaciones desestabilizaron el suelo y varias viviendas terminaron derrumbándose. Aunque las inundaciones de los barrios mencionados anteriormente fue significativo el impacto que produjo el deslizamiento en los barrios el Paraiso, Cucuman, Arroyo Lejos también es importante mencionarlos puesto que las inundaciones fueron el factor determinante para que estos riesgos se materializaran.

Si consideramos el cambio climático, que ya es un factor que determina los riesgos de una población, se hace necesario entonces plantear una solución para mitigar los problemas causados por las inundaciones frecuentes en el municipio.

El municipio de Turbaco; Bolívar, por su posición geográfica, altura con respecto al nivel del mar y su vegetación lo coloca en un municipio apetecible para el desarrollo de áreas urbanísticas. Este interés por los urbanizadores ha crecido y hoy día se están desarrollando diferentes proyectos en el municipio. Lo que se propone es desarrollar todo estos proyectos utilizando como elemento de planificación los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS). Lo que se busca en el municipio es restablecer el régimen hidrológico a través de los SUDS, de tal forma que estos sirvan para reproducir el sistema hidrológico natural y minimizar el impacto de las inundaciones. En el municipio de Turbaco, estas soluciones se pueden dar, dada las características topográficas y las áreas naturales que aun posee.

En comparación con los sistemas convencionales (box culvert, canales en concreto, etc.) los SUDS, tienen como fin reducir los caudales picos provenientes de áreas urbanizadas utilizando en este caso elementos de retención como son los embalses, lagos artificiales etc, incorporando estos al paisaje urbano. El otro fin es minimizar las áreas impermeables en zonas urbanizadas y proyectadas dentro del municipio, lo que ayudaría a mitigar las inundaciones dentro del casco urbano.

## **6 ESTADO DEL ARTE**

A nivel mundial los sistemas urbanos de drenajes sostenibles son bastante conocidos, sobre todo en Europa donde estos sistemas hacen parte del paisaje urbano, lo que permite tener un entorno agradable ya que estos se incorporan muy bien con el entorno.

El grupo de investigación de tecnología de la construcción (GITECO) de la Universidad de Cantabria, encuentra en los sistemas urbanos de drenaje sostenible una nueva estrategia para desarrollar los centros urbanos y para el buen funcionamiento estos. Para esto se centran en la cantidad, la cual está relacionada con el aumento de las superficies impermeable de las ciudades, la calidad, que se relaciona con la pérdida en calidad que sufre el agua pluvial en su recorrido y el servicio, el cual está relacionado con la pérdida o disminución de superficies naturales.<sup>6</sup>

Otras investigaciones como las desarrolladas por el departamento de hidráulica y medio ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia proponen los sistemas de drenaje sostenible como una forma alternativa de la gestión de drenajes

---

<sup>6</sup> Sistemas Urbanos Sostenibles. SUDS. Grupo de investigación de Tecnología de la Construcción Universidad de Cantabria

pluviales, desde una visión diferente a los sistemas convencionales. En este sentido los sistemas de drenaje sostenible (SUDS) tendrían los siguientes objetivos: proteger los sistemas naturales, integrar el tratamiento de las aguas pluviales al paisaje, disminuir los volúmenes de escorrentía pluvial, minimizar los costos y proteger la calidad del agua.

Experiencias como las que se han desarrollado en Madrid donde se construyó un gran estanque de tormenta con el objetivo de desarrollar un plan de mejora de calidad de agua del río Manzanares, hablan del buen funcionamiento del sistema<sup>7</sup>.

En muchos lugares del mundo se ha determinado que las aguas provenientes de áreas en proceso de urbanización o urbanizadas deben ser entregadas a los cuerpos de agua que las reciben, sin exceder el caudal generado cuando el área urbanizada estaba en proceso de pre desarrollo.

Esta visión es la que da pie al diseño de los SUDS como los estanques de retención cuyo objetivo es disminuir los picos de caudal que se pueden generar en las áreas urbanizadas y de esta forma disminuir o evitar inundaciones.

En Inglaterra el CIRIA<sup>8</sup> no exige una calidad de agua de los afluentes del sistema de drenaje urbano sostenible. En contraste con algunos estados de EEUU donde si lo exigen, Un ejemplo de ello es el estado de Virginia donde establece dos niveles de diseño para la bio-retención, buscando disminuir los caudales y disminuir la carga de nutrientes que se deseen en las aguas pluviales.

En Colombia se conoce como primer estudio sobre el tema, la consultoría desarrollada para el acueducto y alcantarillado de la ciudad de Bogotá. Esta consultoría cuyo título es “Factibilidad técnica, ambiental, económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de acueducto y alcantarillado sanitario y sistema de drenaje pluvial del borde norte de la ciudad de Bogotá”. En este documento se aborda por primera vez en Colombia la adopción de los SUDS.

---

7 Convive Madrid Río. Proyecto Madrid Río

8 Construction Industry Research and Information Association CIRIA. The SUDS manual. Londres, 2007. ISBN 978-0-86017-697-8

El Acueducto reconoce en los SUDS una ventaja sobre los sistemas convencionales y en la Norma técnica NS-085 establece: ““Son el conjunto de soluciones que se adoptan en un sistema de drenaje urbano con el objeto de retener el mayor tiempo posible las aguas lluvias en su punto de origen sin generar problemas de inundación, minimizando los impactos del sistema urbanístico en cuanto a la cantidad y calidad de la escorrentía y evitando así sobredimensionamientos o ampliaciones innecesarias en el sistema. La filosofía de los SUDS es reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana””<sup>9</sup>

En Bogotá, se han efectuado humedales artificiales para proteger los humedales naturales. En el humedal de la Conejera, ubicado en la localidad de Suba, se construyó un humedal denominado Hato Chico, que cuenta con un área de drenaje de 4.8 ha, una capacidad de almacenamiento de 1.209 m<sup>3</sup> y área superficial de 1.157 m<sup>2</sup>

El POT de la ciudad de Barranquilla dentro de sus políticas Ambientales tiene como objetivo “Afrontar la gestión de las aguas pluviales desde una perspectiva integral que combine aspectos hidrológicos, medioambientales y sociales, integrando programas y proyectos de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)”

## 7 MARCO NORMATIVO

A continuación se presenta el marco normativo legal sobre el cual reposa el tema riesgo por inundación en nuestro país

El **Decreto 28 de 1974** con el cual se dicta el **Código de Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente** y sienta las bases para que el territorio se ordene ambientalmente.

---

<sup>9</sup> Factibilidad técnica, ambiental, económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de acueducto y alcantarillado sanitario y sistema de drenaje pluvial del borde norte de la ciudad de Bogotá



En **1991** se expide la nueva **Constitución Política** de Colombia convirtiéndose en el marco legal sobre el cual reposa toda la política ambiental del país.

En el año de 1993 se expide la **Ley 99**, la cual crea el Ministerio del Medio Ambiente y establece que “La prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento”: como principio de la política ambiental colombiana. Esta ley descentraliza las actividades de análisis, seguimiento, prevención y control de desastres, en coordinación con las demás autoridades competentes, y asistirlas en los aspectos medioambientales en la prevención y atención de emergencias y desastres; adelantar con las administraciones municipales o distritales programas de adecuación de áreas urbanas en zonas de alto riesgo, tales como control de erosión, manejo de cauces y reforestación” al colocarlas al frente de las Corporaciones Autónomas Regionales.

Un año después se expide la **Ley 164 de 1994** con la cual Colombia adopta la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”. Que en el artículo 4 de su numeral 8, consigna que “las Partes estudiarán a fondo las medidas que sea necesario tomar en virtud de la Convención para atender a las necesidades y preocupaciones específicas de las Partes que son países en desarrollo derivadas de los efectos adversos del cambio climático o del impacto de la aplicación de medidas de respuesta”, indicando los países con mayor vulnerabilidad, entre los cuales se halla Colombia en los literales b), c), d), e), f), g) y h).

Colombia a través de la Ley 388 de 1977 reglamenta el ordenamiento de su territorio a nivel municipal y distrital utilizando de los instrumentos de planeación de desarrollo local (POT).

Para el año 2000 con la **Ley 629**, Colombia adopta el “Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” que en su artículo 2 de los numerales 3 y 4, establece una clausula complementaria para los propósitos de atender a las necesidades de países en desarrollo con efectos

adversos del cambio climático o del impacto de la aplicación de medidas de respuesta.

**Ley 1523 de 2012**, por medio de la cual se adoptó la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Esta Ley sustituyó el Decreto Ley 919/89 y determinó responsabilidades, principios y definiciones, e implantó el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

Esta ley tiene dentro de sus objetivos elaborar y promover las herramientas necesarias para optimizar el desempeño de la Gestión del Riesgo de las entidades nacionales como territoriales.

Para el caso de estudio la ley 1523 de 2012 se enmarca en los artículos 32 y 37 del capítulo III de **Instrumentos de Planificación** y establece en el artículo 32:

- **Planes de Gestión del Riesgo.**” Los tres niveles de gobierno formularán e implementarán planes de gestión del riesgo para priorizar, programar y ejecutar acciones por parte de las entidades del sistema nacional, en el marco de los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo del desastre, como parte del ordenamiento territorial y del desarrollo, así como para realizar su seguimiento y evaluación”.<sup>10</sup>
- **Planes departamentales, distritales y municipales de gestión del riesgo y estrategias de respuesta.** “Las autoridades departamentales, distritales y municipales formularán y concertarán con sus respectivos consejos de gestión del riesgo, un plan de gestión del riesgo de desastres y una estrategia para la respuesta a emergencias de su respectiva

---

<sup>10</sup> LEY 1523 “POR EL CUAL SE ADOPTA LA POLITICA NACIONAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES Y SE ESTABLECE EL SISTEMA NACIONAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES”

jurisdicción, en armonía con el plan de gestión del riesgo y la estrategia de respuesta nacionales. El plan y la estrategia, y sus actualizaciones, serán adoptados mediante decreto expedido por el gobernador o alcalde, según el caso en un plazo no mayor a noventa (90) días, posteriores a la fecha en que se sancione la presente ley”.

## **8 MARCO TEORICO – CONCEPTUAL**

Las ciudades colombianas en la actualidad se enfrentan a la problemática de ir perdiendo superficie permeable. Con las construcciones de grandes espacios y con la urbanización se van perdiendo las áreas permeables lo que conlleva a una impermeabilización de estas zonas que antes y de forma natural podían realizar una buena gestión de las lluvias que recibían.

Esta transformación del sistema ecológico natural en un sistema urbano tiene varios efectos sobre el medio ambiente. Alguno de estos efectos es la alteración de la atmosfera, alteración de los ciclos hidrológicos, alteración de la geomorfología de los cauces y de los cuerpos de agua entre otros.

- **Impacto del desarrollo urbano en el ciclo hidrológico**

Tal vez el problema más visible y el más grave producto de la transformación del sistema ecológico natural a un sistema ecológico urbano, son las inundaciones que se presentan en diferentes sectores de las áreas urbanas.

Gran parte de estas inundaciones en áreas urbanas se producen por querer evacuar rápidamente las aguas superficiales en un periodo corto de tiempo y es lo que trae como consecuencia que la mayor parte de los sistemas convencionales colapsen, produciendo inundaciones en los puntos más bajos de las ciudades.

Algunas de las transformaciones que sufre el ciclo hidrológico con la urbanización son:

- Disminución de la infiltración en el suelo
- El agua que no se infiltra queda en la superficie y aumenta el escurrimiento superficial

Si a esto se suma que para evacuar estas escorrentías se utilizan sistemas convencionales de ductos pluviales con los cuales se acelera el escurrimiento superficial reduciendo el tiempo máximo de desplazamiento, los caudales máximos aumentan sus picos en el tiempo. El caudal máximo medio puede aumentar considerablemente

- En el área urbanizada si existen acuífero este vería disminuido el nivel de la capa freática, por la reducción de la infiltración, reduciéndose de esta forma el drenaje subterráneo.
- Esta transformación de medios debido a la sustitución de cobertura natural reduce los niveles de evapotranspiración en el área, ya que la superficie urbana no tiene agua como lo hace la cobertura vegetal y no permite la evapotranspiración de la vegetación y el suelo. Por este motivo las urbes sufren el calentamiento y cuando llueve con baja intensidad se puede generar una evapotranspiración mayor.

- **Disfuncionalidades Urbanas**

Año tras año las lluvias causan problemas en el funcionamiento de las estructuras urbanas estos problemas se ven reflejados en las inundaciones de poblaciones enteras, en la erosión del suelo, en el deterioro de las edificaciones, en la contaminación, mezclas de las aguas superficiales y de las aguas servidas, provocando desborde y contaminación con la aparición de enfermedades . Estas

son algunas de las disfuncionalidades ocasionadas por las lluvias; pero existen otras disfuncionalidades en el medio urbano producto del uso indebido de los cauces naturales o artificiales como botaderos de basura lo que atrae las plagas de ratones, concentración de malos olores entre otros<sup>11</sup>.

En las áreas urbanas existe también un despilfarro de recursos ya que las soluciones propuestas muchas veces incluyen entubamientos o canalizaciones en concreto lo que disminuye la vegetación y la fauna que también juegan un rol paisajístico.

Muchas de los usos de las áreas aledañas a los centros urbanos entran en conflicto con los usos que proponen los sistemas de gestión como elemento de la planeación y de búsqueda de equilibrio.

En las urbes no se observa el uso de parques naturales los cuales pueden servir como un sistema de amortiguamiento de crecientes.

Al considerar solo como única solución la extensión de alcantarillas o canales en concreto se corre el riesgo de no poder realizar la solución de forma integral, por su alto costo. Esto repercute en el nivel económico, social, ambiental de las comunidades que habitan las ciudades, por lo que es necesario innovar para poder amainar los problemas asociados a la gestión de aguas lluvias en los centros urbanos

- **Urbanización sostenible**

En estos tiempos, es importante tener en cuenta que los procesos de urbanización deben darse de forma que sean sostenible, esto con lleva a que las soluciones que se planteen no sean ajenas al medio donde se desarrollan. Lo anterior es

---

<sup>11</sup> Inundaciones y desarrollo urbano: algunas reflexiones para el debate

apostarle a un desarrollo con proposiciones que van “con la naturaleza y no en contra de ella” para la configuración de un espacio habitable<sup>12</sup>.

Una forma de planificar de manera sostenible cuando se trata de gestión de aguas pluviales son los sistemas de drenaje sostenibles (SUDS).

- **Sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS)**

Aun no hay un consenso para la clasificación de las diferentes tipologías de los SUDS, sin embargo la más utilizada por diferentes autores es la siguiente:

- Medidas preventivas:
  - Legislación.
  - Educación.
  - Programación económica.
- Sistemas de infiltración o control en origen:
  - Superficies permeables
  - Pozos y zanjas de infiltración
  - Depósitos de infiltración
- Sistemas de transporte permeable
  - Drenes filtrantes o drenes franceses
  - Cunetas verdes
  - Franjas filtrantes
- Sistemas de tratamiento pasivo
  - Depósitos de detención
  - Estanques de retención
  - Humedales artificiales

---

<sup>12</sup> Ibid. Pág.2.

## **Medidas preventivas**

Las medidas preventivas están relacionadas con las aquellas que se dan durante la etapa de planeación y que tienen como objetivo evitar que se den problemas asociados a la escorrentía superficial.

Dentro de estas medidas se distinguen dos líneas. Una línea que plantea dar solución a problemas derivados de la cantidad y como tal se plantea reducción de superficies impermeables, manejo de cuencas urbanas para evitar concentrar grandes volúmenes agua lluvia y la recolección y reutilización del agua lluvia. La otra línea está encaminada a la educación y está relacionada con la limpieza urbana, el mantenimiento de las calles y la concientización de los ciudadanos.

- **Sistemas de infiltración o control en origen:**

Son aquellos que realizan la interceptación directa del agua lluvia o de la escorrentía superficial y en ellos se permite la infiltración directamente al suelo. Estos sistemas urbanos de drenaje sostenible pueden estar interconectados con otros y pueden por si mismos cerrar el ciclo del agua conectando la superficie con un sustrato permeable.

Dentro de estos sistemas tenemos. Los pozos de infiltración, zanjas de infiltración y depósitos de infiltración<sup>13</sup>.

- **Sistemas de transporte permeable**

Se trata de sistemas cuyo objetivo principal es transportar la escorrentía superficial hacia lugares de vertido o lugares de tratamiento. Estos sistemas tienen la ventaja de aportar diversas ventajas durante su recorrido. Entre los sistemas de transporte que hacen parte de los SUDS están las cunetas verdes, drenes filtrantes, zanjas filtrantes. Estos sistemas son lineales y suelen ubicarse en zonas laterales de

---

<sup>13</sup> Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible SUDS (Grupo de investigación de Tecnología de la Construcción Universidad de Cantabria).

caminos o calles y son ellos los puntos de recogida y transporte para el vertimiento a otro sistema de gestión.

Las cunetas verdes son canales naturales que permiten la recogida y el transporte de la escorrentía pluvial, son variados, se tienen desde canto rodado hasta vegetación de rivera pasando por césped. Debido al valor estético son muy apropiados para zonas residenciales y de travesía. Dan al área un ambiente más amable para el disfrute residencial<sup>14</sup>.

- **Sistemas de tratamiento pasivo**

Son aquellos que retienen por un periodo prolongado de tiempo la escorrentía pluvial, antes de ser transportados y llevados al sistema receptor.

Dentro de este grupo se encuentran: Los depósitos de detención, estanques de retención y los humedales artificiales.

Los depósitos de detención son zonas de depresión vegetadas que sirven para el almacenamiento de la escorrentía pluvial urbana. El objetivo principal de estos depósitos es amortiguar los caudales picos para luego regularlos. En algunos casos el caudal captado y luego es tratado. Este sistema es parecido a un estanque de tormenta pero con un diseño paisajístico asociado que permita aprovechar las condiciones naturales del terreno con algunos retoques. Estos depósitos permiten mejorar la calidad del agua fundamentalmente con la retención de sedimentos<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible SUDS (Grupo de investigación de Tecnología de la Construcción Universidad de Cantabria)

<sup>15</sup> Ibíd., pág.17.



- **Modelo Hidrológico**

Para el cálculo de los modelos hidrológico e hidráulico se utilizó el modelo SWMM. El Stormwater Management Model (Modelo de gestión de aguas pluviales) de la EPA (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos. El módulo de escorrentía o hidrológico de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae el agua de la lluvia y se genera la escorrentía. El módulo de transporte o hidráulico de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. Asimismo, SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y la calidad del agua de escorrentía de cada cuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la calidad de agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo (EPA, 2005).

Los cálculos de la escorrentía están basados en un modelo de depósitos modificados con la onda cinemática. El modelo divide cada subcuenca en una zona permeable sin retención superficial, otra impermeable sin retención y una última zona permeable con retención, en función de los porcentajes de impermeabilidad y de retención introducidos. La escorrentía es generada aproximando el funcionamiento de cada una de estas zonas a un depósito no lineal.

El caudal de salida responde a la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{W}{n} (p - p_p)^{5/3} S^{1/2}$$

Donde,

Q: Caudal de salida de la subcuenca (m<sup>3</sup>/s).

W: Ancho de la subcuenca (m).  
n: coeficiente de rugosidad de Manning.  
p: profundidad del agua (m).  
pp: profundidad de retención superficial (m).  
S: pendiente (m/m).

- **Modelo Hidraulico**

Los cálculos hidráulicos son realizados por SWMM a través del módulo EXTRAN. EXTRAN (Extended Transport Module) utiliza como datos de entrada los datos de salida del módulo de escorrentía, consistentes en la evolución temporal de la entrada del agua de escorrentía en el sistema, para modelar el flujo del agua mediante la resolución de las ecuaciones completas de Saint-Venant.

EXTRAN, al reproducir el flujo gradualmente variado, permite la modelización de orificios, bombes, compuertas, depósitos, redes malladas y vertidos, con las condiciones de contorno deseadas.

Las ecuaciones de Saint-Venant son las siguientes:

Ecuación de continuidad para secciones prismáticas:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

Donde,

A: Área de la sección.

Q: Caudal.

x: Distancia a lo largo del conducto.

t: Tiempo.

## **9 METODOLOGIA**

Para llevar a cabo los objetivos trazados en la siguiente propuesta se deberán realizar las siguientes actividades:

### **9.1 Recopilación y revisión de la información existente**

Se realizó recopilación de la información existente, buscando información en las distintas entidades públicas y privadas: alcaldía municipal, Corporaciones Autónomas Regionales, IDEAM, IGAC entre otras.

### **9.2 Análisis de la información existente**

Se realizó un análisis de la información existente, incluyendo los instrumentos de gestión con los que cuenta el municipio, enmarcándolo dentro de la gestión urbana de las inundaciones. Además se deberá hacer un análisis de las soluciones planteadas a la fecha y los impactos que tendrían en la población.

#### **9.2.1 Salidas de Reconocimiento y Recolección de información de campo**

Se realizaron salidas de reconocimiento de campo con el fin de realizar un diagnostico del área de trabajo. Estas salidas de campo tendrán como objeto determinar el área de inundación e identificar los impactos ambientales y económicos que dejan las inundaciones. Una vez se determine el sitio de trabajo se realizaran levantamientos topográficos donde se requiera.

### **9.3 Análisis de la información recopilada y montaje en un sistema de información geográfica.**

Con la información recopilada se llevara a cabo el análisis de la información y el montaje de esta y de la información existente en un sistema de información geográfica.

### **9.4 Trazado de subcuencas, modelación hidrológica e hidráulica y trazado de cuencas**

Antes de realizar la modelación hidrológica, se realizo el trazado de las cuencas urbanas para la realización del trazado de las cuencas urbanas se conto con Modelo digital del terreno (MDT) del Caribe Colombiano, el modelo digital cuenta con una precisión de pixel de 30m\*30m lo que permite un buen grado de precisión para la generación de curvas de nivel. Como el área de estudio es el municipio de Turbaco se realizo una máscara y se extrajo el área el modelo digital del terreno correspondiente al municipio de Turbaco, Con el MDT del municipio de Turbaco se generaron las curvas de nivel para el área de estudio (Ver figura anexa) utilizando el SIG.

Una vez se tienen las curvas de nivel se procedió a realizar el trazado o delimitación de las subcuencas urbanas de la siguiente forma

1. Inicialmente se realizo la identificación de las corrientes superficiales
2. Luego se realizo un trazado de líneas divisorias para las corrientes superficiales teniendo en cuenta que estas divisorias cortan perpendicularmente a las curvas de nivel y pasan por los puntos de mayor nivel topográfico. Es importante mencionar que cuando se realizo el trazado se tuvo en cuenta que cuando la línea divisoria va aumentando de altitud corta a la curva de nivel en su parte convexa y si va disminuyendo de altitud corta a la curva de nivel en su parte cóncava

3. Luego se verifico que la delimitación no cortara ningún drenaje superficial, de esta forma quedaron definidas las 5 subcuencas que hacen parte del área urbana.

Una vez se tienen las subcuencas urbanas se procedió a realizar la modelación hidrológica e hidráulica, para esto se utilizo el software libre SWMM, el cual fue desarrollado por la EPA (Agencia para la Protección del Medio Ambiente en USA). Al software se le cargo el trazado de las subcuencas asignándole los parámetros de las subcuencas como son el área de cada subcuenca, el ancho, la pendiente media. Para realizar el cálculo hidrológico el modelo supone que existen una serie de canales interconectados. Una vez se tienen las subcuencas cargadas se le asigna al software los parámetros de lluvia con periodo de retorno, para el caso se le asigno la lluvia con periodo de retorno de 10 años, utilizando los registros pluviograficos de la estación aeropuerto Rafael Núñez de Cartagena. Para el cálculo hidrológico se utilizo el modelo de onda dinámica de las ecuaciones de Saint-Venant, este modelo permite tener en cuenta el efecto de las cuencas aguas arriba y aguas abajo. Una vez se tienen los parámetros hidrológicos, se introducen los parámetros hidráulicos, para esto se dibujaron los objetos del sistema de drenaje esto es canales, estos canales fueron introducidos al software a través de nodos en el cual el nodo inicial representa el inicio del canal y el nodo final la terminación del canal, la longitud del canal estaba dada por la distancia entre los nodos y las cotas entre los nodos se le asignaba de acuerdo a las curvas de nivel generadas con el MDT; luego se le asignaba los parámetros hidráulicos esto es sección del canal y el tipo de material de revestimiento, para el caso de estudio fue canal trapezoidal revestido en hierba. Terminado el proceso de introducirle los parámetros hidrológicos e hidráulicos al modelo se procede a realizar la corrida del modelo.

Al sistema también se le dibujaron otra estructura como fue la estructura de retención a la cual se le asigno el parámetro de relación de altura del embalse/área del espejo de agua. Para unir los canales con el embalse se crean unas transiciones las cuales están representadas por el orificio y el vertedero del embalse

La modelación hidrológica permite dividir el área en diferentes subcuencas, con las cuales se puede estimar los caudales aportantes, para luego modelar el flujo de agua y mostrar los perfiles de flujo.

## **9.5 Propuesta de gestión urbana de las inundaciones**

Realizar con la información obtenida una propuesta de solución a los problemas de inundaciones, utilizando como elemento esencial del paisaje los sistemas de drenaje sostenible. Plantear la integración de la solución hidráulica al desarrollo urbanístico del municipio de tal forma que esta sea parte integral del paisaje

El municipio de Turbaco, Bolívar se encuentra localizado al norte del departamento de Bolívar, a unos 15 km del distrito de Cartagena de Indias. El Municipio limita al norte con la el distrito de Cartagena de Indias y los municipios de Santa Rosa y Villa Nueva Bolívar, al este con el municipio de San Estanislao de Kotska al oeste con el distrito de Cartagena y al sur con los municipios de Arjona Bolívar y Turbana Bolívar. En la figura 1 se muestra la localización del municipio.

## LOCALIZACIÓN CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO (BOLÍVAR)

Image © 2013 DigitalGlobe

Colombia

- Departamentos
- DPTO DE BOLIVAR
- MUNICIPIO DE TURBACO

El área del casco urbano del municipio de Turbaco es de 7,25 Km<sup>2</sup> de un total de 193 Km<sup>2</sup> que tiene el municipio. Esto es el 4% del área total del Municipio.

La temperatura promedio anual del municipio es de 30 grados y tiene una altura promedio de 200 m.s.n.m

La cabecera municipal cuenta con 48 barrios los cuales se encuentran organizados en 6 comunas. A continuación se listan los barrios que hacen parte del municipio:

Barrio Altamira, Barrio Bella Vista, Barrio Buenos Aires, Barrio Cinco de Agosto., Barrio el Bajo, Barrio el Carmen, Barrio el Papayal, Barrio el Paraíso, Barrio el Porvenir, Barrio El Prado, Barrio el Recreo, Barrio el Remanso, Barrio el Rosario ,Barrio el Talón, Barrio Fátima, Barrio Hoyo Oscuro, Barrio Huevo Peludo, Barrio la Canalita, Barrio la Conquista, Barrio la Cruz, Barrio la Floresta, Barrio la Línea, Barrio la Manga, Barrio la Unión, Barrio las Cocas, Barrio las Delicias, Barrio Las Parcelas, Barrio los Ciruelos, Barrio los Laureles, Barrio Los Manguitos, Barrio Media Tapa, Barrio Nueva Colombia, Barrio Pumarejo, Barrio San Pedro, Sector Los Naranjos, Sector Ospina Pérez, Urbanización Del Valle, Urbanización el Zapote, Urbanización La Granja, Urbanización Los Campanos, Urbanización Malibu, Urbanización Plan Parejo Country, Urbanización Villa Catalina, Urbanización Villa Leidy, Urbanización Villa Zoila, Urbanización Torrecilla, Urbanización Bonanza, Urbanización el Rodeo

## **10.1 Aspecto biofísico**

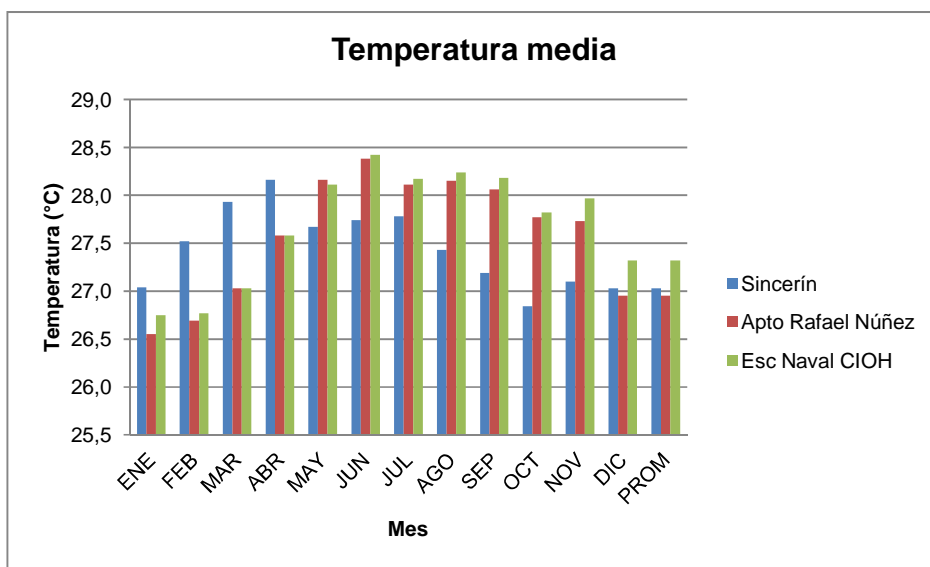
### **10.1.1 Clima**

Según el IDEAM EL CLIMA DEL Municipio se clasifica como “cálido” por lo que la temperatura media anual es superior a los 26,5°C Los meses en los cuales se presentan las mayores temperaturas son abril, mayo y junio, durante estos meses



las temperaturas oscilan entre unos 27,5 y 28,5 °C. Las temperaturas más bajas se presentan entre los meses de Enero y Febrero estando estas en 26. y 27,5.°C respectivamente. En la figura 2 se muestra la temperatura promedio indicada por las estaciones Aeropuerto Rafael Núñez, Sincerin y Escuela Naval CIOH.

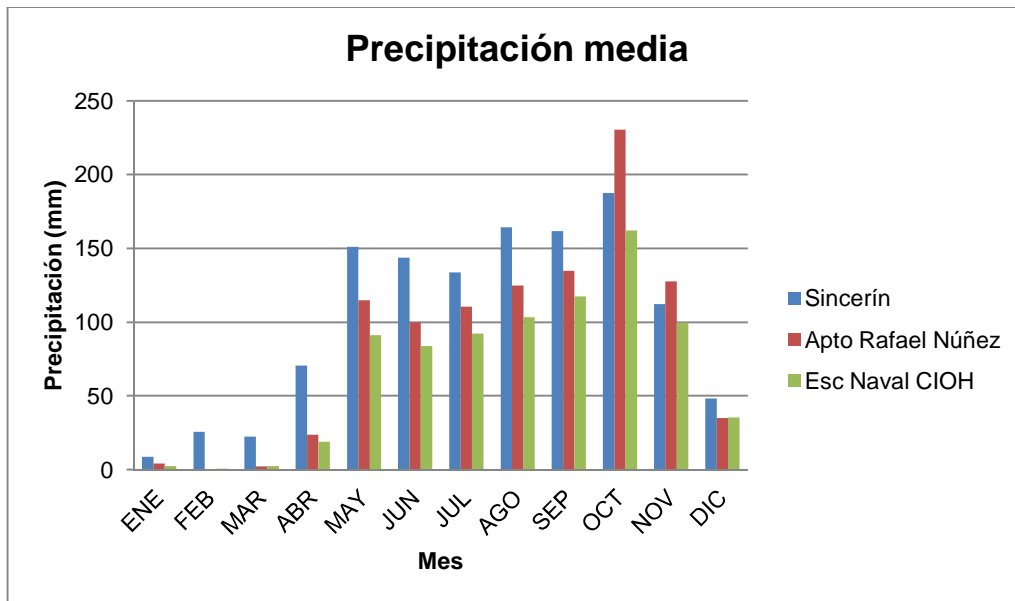
**Figura 2. Temperatura media**



### 10.1.2 Precipitaciones

En el municipio se presenta una época seca que está entre los meses de diciembre hasta el mes de abril, otra época que se puede llamar de transición que incluye los meses entre mayo y julio y otro periodo lluvioso el cual comprende los meses entre agosto y noviembre. Las precipitaciones a lo largo del año oscilan entre 154mm y 220 mm/mes

Figura 3. Precipitación media



### 10.1.3 Humedad relativa

La humedad relativa promedio anual en el municipio de Turbaco es del 80% aproximadamente, presentándose variaciones en la época lluviosa donde esta aumenta más del 85% y en épocas secas se presentan variaciones por debajo del 75% esta se ve influenciada por otros factores reinantes en el medio.

### 10.1.4 Geología

En general el municipio de Turbaco cuenta con tres unidades litológicas Formación Bayunca, Formación la Popa y Formación Arjona.

- **Formación La Popa**

La formación la popa está formada de calizas arréciales Estas calizas se presentan como parches no continuos, siendo el producto de la colonización de las corales en zonas topográficas más altas

Por debajo de estas calizas se encuentran algunas zonas de arenas calcáreas de grano fino hasta tamaño arcilla color crema a gris. Se depositaron en un ambiente marino somero durante el Post-Plioceno superior- Pleistoceno. En el área de estudio se tienen suelos derivados de este material calcáreo en capas delgadas de color negro arenoso arcilloso; también calizas amarillo crema fosilíferas fracturadas de la denominada Formación Popa.

La descripción realizada por Camacho y Valdiri (en Ángel y otros 1985) y datada por Duque (1967) indica que esta formación es del Plioceno-Pleistoceno. Consiste en una secuencia de sedimentos consolidados que inicialmente se había dividido en dos conjuntos litológicamente diferentes: uno detrítico terrígeno y otro calcáreo tanto detrítico como arrecifal.

- **Formación Bayunca.**

La formación la Bayunca se compone de tres segmentos principalmente arcillosos: conjunto inferior, intermedio y superior.

El conjunto superior es limo arcilloso, se caracteriza porque tiene delgadas intercalaciones de limolitas y areniscas de grano fino de color pardo hacia el techo, siendo más arcilloso hacia la base; posee niveles de óxidos de hierro sulfatos y concreciones de arenisca calcárea con estructuras sedimentarias que son fundamentalmente laminación plana y cruzada.

El conjunto intermedio Lo componen areniscas está compuesto por areniscas quebradizas (arena poco consolidada) con intercalaciones de arcillolitas, limolitas y areniscas conglomeráticas de grano fino.

El conjunto inferior está compuesto por una alternancia de arcillolitas y lodolitas grises oscuras, con escasas intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino y concentraciones de sulfato (yeso) y azufre derivado.

### **10.1.5 Geomorfología.**

El municipio presenta un paisaje de colinas y otro de pive de monte.

El paisaje de colinas hace parte de un cinturón de colinas localizadas al sur y al norte del Canal del Dique que pasan por el Municipio de Turbaco hasta llegar al departamento del Atlántico.

Este paisaje de colina presenta variaciones de altura, pendiente, topografía y erosión. La geomorfología del municipio guarda una relación con la edad de las rocas que encuentran por debajo. Estas rocas tienen origen sedimentario.

Este sistema de colinas está conectado con el sistema montañoso de los Andes por medio de la serranía de San Jacinto que a la vez conducen a las estribaciones más bajas localizadas al norte de la serranía de San Jerónimo que al penetran al departamento se conocen con el nombre de Montes de Maria

El paisaje de colinas en el municipio de Turbaco, tienen pendientes que pueden fluctuar del 2% al 50% y mayores, alcanzando alturas de hasta 200 metros sobre el nivel del mar.

El municipio posee un 35% de su área que lo constituye paisajes de coluvios con pendientes que a planas y que fluctúan entre el 0 y el 7%. Se encuentra localizado al pie de las colinas, con suelos ondulados, sin erosión importante con pendientes hasta del 7 %.

En estas tierras la amenaza de erosión desaparece o se hace mínima pero pueden presentarse problemas por encharcamiento tanto para los cultivos como para las viviendas sobre todo si se obstruyen los drenajes naturales con obras como rellenos, diques o calzadas para carreteables.

### **10.1.6 Suelos**

Los suelos en el municipio son propios a los de clima seco ondulados a quebrados con alta saturación de bases, bajo contenido de materia orgánica, (carbón orgánico inferior al 1.5%)

La fracción arena de los suelos se compone de cuarzos, feldespatos alterados y la fracción arcilla está compuesta por Montmorillonita, Caolinita y Micas.

La Montmorillonita es una arcilla de relación 2:1 que presenta alta expansión y contracción, la cual le da a los suelos la característica de que se agrietan en los períodos secos originando la ruptura de raíces y el agrietamiento de las construcciones.

Las micas son fracciones con alta capacidad para retener el fósforo y el potasio pudiendo presentar deficiencias para los cultivos y por ello los suelos presentan valores bajos de fósforo disponible, (inferiores a 30 ppm.).

En general, los suelos de Turbaco presentan un pH moderadamente ácido a neutro.

## **10.2 DIAGNOSTICO DEL AREA DE ESTUDIO**

### **10.2.1 Socio Económico**

Las inundaciones presentadas a lo largo de los años en el municipio de Turbaco han producido afectaciones directas a diversos niveles. Estos diferentes niveles o agentes afectados se describen a continuación:

La Universidad de Cartagena en su estudio socioeconómico sobre las afectaciones de las inundaciones en el municipio encontró que de dentro de los afectados se encontraban los siguientes agentes:

- Hogares (viviendas y población)
- Transportadores (buses, busetas, moto carros, moto taxis y bici taxis)
- Negocios (tiendas, microempresas y negocios varios)
- Instituciones (educativas, religiosas y de salud)

Estos hogares afectados se encuentran dentro de los barrios: El Ají, Villa Leidy, La Cruz, El Recreo, Plan Parejo, Poza de Manga, Fátima. El total de hogares afectados por la inundación según información suministrada por SURTIGAS es de 3.487 hogares. Los barrios donde se encuentran el mayor número de viviendas afectadas por las inundaciones son el Recreo y Villa Leydi.

Otro de los agentes afectados son los transportadores, que en forma discriminada lo conforman buses, busetas, motocarros, moto taxi, bici taxi: En total el grupo lo conforman 2580 transportadores, los cuales se ven afectados durante las inundaciones

Por otro lado los negocios son otro de los agentes afectados, en ellos podemos incluir las tiendas y panaderías, ferreterías, empresa de aseo etc. En total el número de negocios afectados por el problema de las inundaciones suman un poco más de 40 negocios, de los cuales los más afectados se encuentran el barrio la Cruz.

Las instituciones son otros de los agentes afectados por las inundaciones; dentro de estos están: colegios, jardines infantiles, comedores infantiles, instituciones religiosas, instituciones de salud, entre otras. En total son 20 instituciones afectadas por las inundaciones en el casco urbano del municipio.

### **10.2.2 Descripciones de las afectaciones socioeconómicas de las inundaciones en el municipio de Turbaco.**

En cuanto a extensión, las inundaciones cubren una gran área, esta va a depender de diversos factores como la velocidad del flujo la profundidad, la rapidez de la creciente, la duración entre otras. El riesgo por inundación depende de diversos factores de índole social, técnico y ambiental”<sup>16</sup>.

Por su parte, la población es el sujeto sobre el cual confluyen todos los efectos tangibles e intangibles de un desastre<sup>17</sup>, por tal razón se describen a continuación las afectaciones que a nivel socio económico sufren los hogares instituciones negocios, sistema de transporte, redes de servicio público en el casco urbano del municipio de Turbaco.

A continuación se realiza una breve descripción de las afectaciones que a nivel socio económico sufren los hogares, el transporte, las redes de servicio público y los negocios que se encuentran en el casco urbano del municipio.

#### **➤ HOGARES**

La figura 4 muestra el número de hogares por cada vivienda que se encuentran en los barrios en riesgo del municipio de Turbaco. En la grafica se puede observar que el 75% de las viviendas están compuestas por un solo hogar, también muestra que el 13% de estas viviendas la comprende dos hogares y por último que el 12% restante lo comprende viviendas con cuatro hogares.

---

<sup>16</sup> Segundo informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. [www.unesco.org/water](http://www.unesco.org/water). Septiembre de 2007.

<sup>17</sup> Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres. Naciones Unidas/ Comisión Económica para América Latina y El Caribe. CEPAL

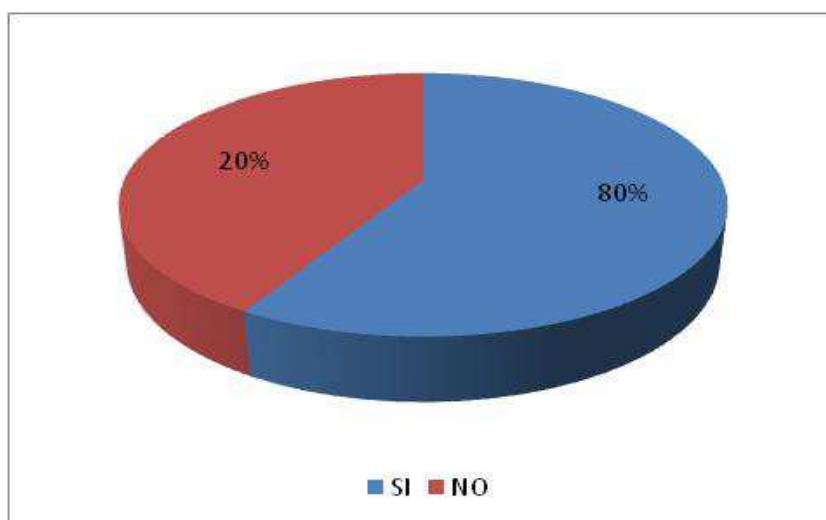
**Figura 4. Número de hogares por vivienda**



Fuente: Universidad de Cartagena

La figura 5 muestra que el 80% de las viviendas que se encuentran en riesgo de inundación en el casco urbano del municipio no poseen calles pavimentadas, a diferencia del 20% que también se encuentran en riesgo pero con las calles pavimentadas

**Figura 5. Calle Principal Pavimentada**



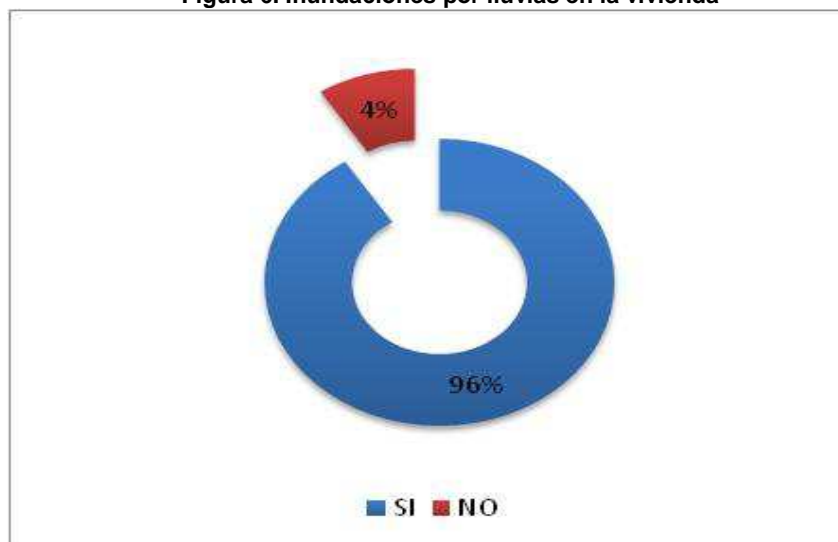
Fuente: Universidad de Cartagena

A continuación se muestra la figura 6, la cual muestra el porcentaje de viviendas en los barrios que se encuentran en riesgo, que se han inundado. En la grafica



podemos observar que el 96% de estas viviendas se han inundado en las últimas crecientes, esto muestra la necesidad de búsqueda de solución a este problema. En la grafica también podemos observar que solo el 4% de estas viviendas no han sufrido inundaciones

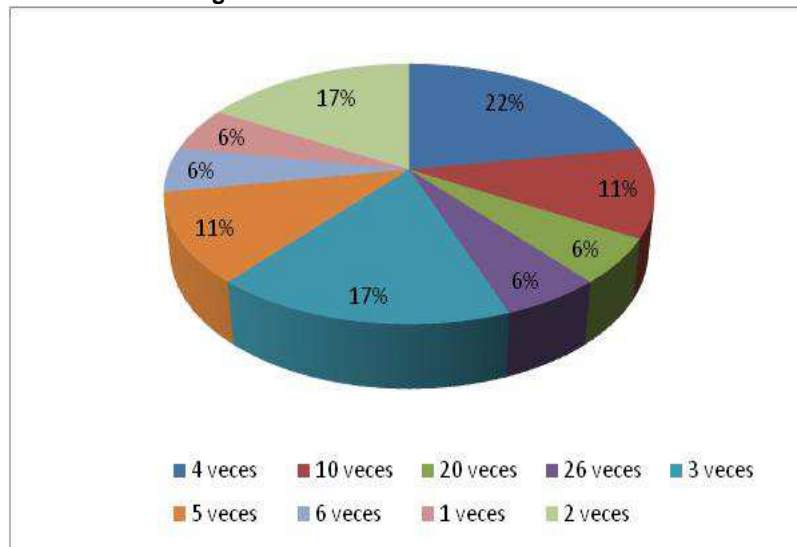
**Figura 6. Inundaciones por lluvias en la vivienda**



Fuente: Universidad de Cartagena

La figura 7 muestra las veces que se han inundado las viviendas desde que están habitadas. En la figura podemos observar que la mayor porcentaje viviendas en riesgo inundadas es del 22%, inundándose cuatro veces. Seguido del 17% de las viviendas que se han inundado 3 veces. En la figura también podemos observar que el porcentaje de viviendas que más se han inundado es del 11% con una frecuencia de inundación de 10 veces.

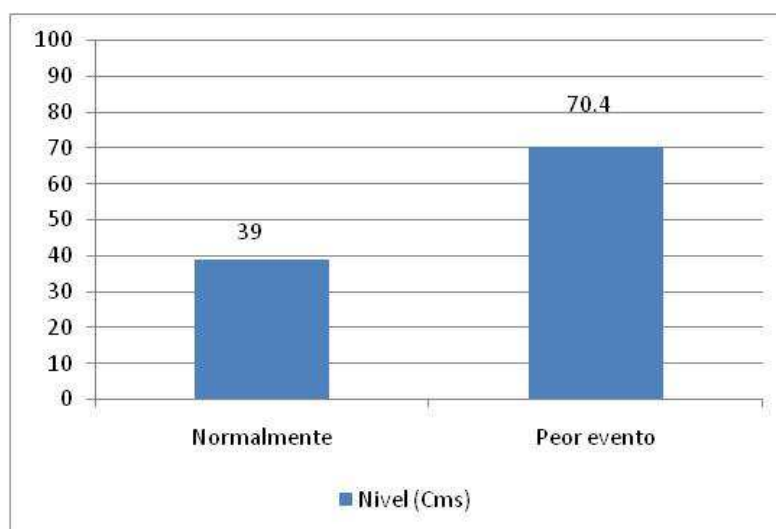
**Figura 7. Número de veces de inundaciones**



Fuente: Universidad de Cartagena

La figura 8 muestra los niveles en centímetros a los cuales ha llegado en nivel del agua en los casos de eventos normales y en el caso que se han presentado las peores inundaciones. En la figura podemos observar que par un evento normal el nivel promedio que han alcanzado las inundaciones es de 39 centímetros y que para el peor evento las inundaciones han alcanzado un promedio de niveles de 70,4 centímetros.

**Figura 8. Nivel en centímetros al que llega el agua en la vivienda**



Fuente: Universidad de Cartagena

### 10.2.3 Ambiental

A nivel del casco urbano del municipio de Turbaco se identifican algunos problemas ambientales que están relacionados directa o indirectamente con los problemas de inundación.

- **Disposición inadecuada de residuos sólidos.**

El problema de la disposición de los residuos sólidos, a pesar de existir una empresa de recolección de basuras en el municipio es un factor que influye en el régimen de las escorrentías del municipio. Las basuras son arrastradas por la escorrentía pluvial cuando llegan las grandes crecientes y al bajar las crecidas quedan esparcidas por los diferentes barrios, lo que trae como consecuencia que se generen focos de infección.

Dentro del plan de gestión de Residuos Solido realizado por la alcaldía municipal se identificaron los siguientes botaderos satélites:

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos realizado en Julio de 2010 por la alcaldía municipal identifica los siguientes basureros satélites:

- Villa Campo (parte trasera de Urbanización el Valle)
- Altamira (Costilla de Adán)
- Barrio el Paraíso, sector la Canalita calle 17.
- Puente de la canalita en el barrio el Paraíso.
- Al final de Media Tapa límites con Argos.
- Barrio El Paraíso sector la Mina.
- Barrio El Paraíso sector la Finquita.

A continuación en la figura 9 muestra un botadero satélite en el barrio la Cruz, específicamente en una zona de inundación, la presencia de estas basuras es uno de los factores que influye en la problemática

**Figura 9. Botadero satélite ubicado en el Barrio la Cruz frente al Estadio Rafael Naar.**



Fuente: El Universal

- **Afectación del paisaje por consecuencia de la explotación de canteras**

La explotación de canteras comprende una parte importante de los procesos de minería que se realizan a cielo abierto en Colombia y el mundo, con el objeto de aportar los materiales de construcción que se extraen. Estas canteras abarcan la extracción de materiales áridos para la construcción y rocas ornamentales.

Las influencias directas e indirectas medioambientales de las operaciones de explotación de canteras se relacionan fundamentalmente con la extracción de materiales de la construcción, por lo que se originan cambios en la circulación de sustancias y energía en el entorno, afectando los recursos agua, aire y suelo. A parte de las consecuencias medioambientales que se originan de los procesos de explotación de canteras, se derivan efectos como alteración a la visual paisajística, daños irreversibles a la fauna y flora presente y alteración de la escorrentía superficial.

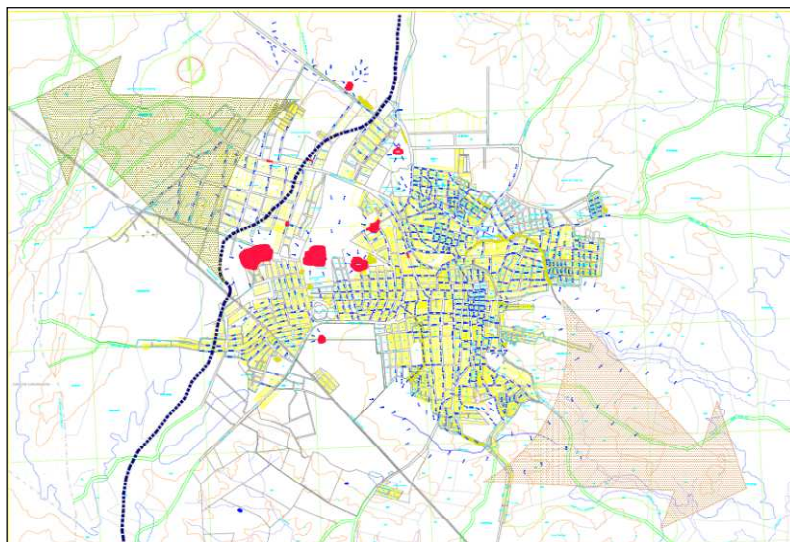
Dentro del municipio se identifican varias canteras de explotación a cielo abierto. (Ver figura 17. Uso actual de suelo).

En síntesis los procesos de explotación de canteras no regulados se convierten en un limitante para planificación urbana y el desarrollo territorial.

#### 10.2.4 Hidráulico

En la actualidad las aguas superficiales del municipio de Turbaco Bolívar lo componen dos (2) micro-cuencas de las cuales la una drena hacia la ciénaga de la Virgen y la otra drena hacia el Canal del Dique por medio del Arroyo Grande. Estos dos micro-cuencas hacen parte de la eco región de la zona Costera. Ver Figura 10

**Figura 10. Micro-cuencas municipio de Turbaco.**



Fuente: Plan Básico de Ordenamiento Municipio de Turbaco

El municipio se caracteriza por su condición hidrogeológica y geológica en la cual se haya la presencia de calizas porosas y solubles, las cuales permiten la infiltración y la conducción de agua hacia otros estratos del suelo, aflorando estas

aguas en varios arroyos como el Matute, el Mameyal, el Cucuman y el Zapote entre otros, los cuales mantienen caudales durante todo el año reduciendo su cauce en las épocas de verano.

Es importante anotar que dentro de los arroyos importantes que se cruzan o el casco urbano del municipio de Turbaco, se encuentran:

- **Arroyo Matute**

El nacimiento de este arroyo se encuentra localizado al noreste del municipio a específicamente en el área del Jardín Botánico. Este arroyo recorre un gran área rural del municipio de Turbaco, atravesando la hacienda Matute y dirigiéndose hacia la ciudad de Cartagena hasta desembocar en la Ciénaga de la Virgen.

- **Arroyo Grande o Cabildo**

Este arroyo nace en la vereda Campaña, localizada al este de la cabecera municipal. Recorre un gran área de la zona rural del municipio y se dirige hacia el sur-este en límites con el municipio de Arjona Bolívar: Una vez entra a este municipio recibe el nombre de arroyo Aguas Vivas hasta su desembocadura en el canal del Dique.

Entre los afluentes más importantes del arroyo grande se encuentran el arroyo Lejos, arroyo Cucuman, arroyo Remanganagua, arroyo Honduras y arroyo Mameyal.

- **Arroyo Lejos y Arroyo Cucumán**

Estos dos arroyos se caracterizan porque su nacimiento está en la cabecera municipal y luego se unen tomando el nombre de arroyo Cucuman: El arroyo

Cucuman realiza un recorrido aproximado de tres kilómetros y luego desemboca en el arroyo Grande a la altura del barrio el Paraíso en el sector de Paloquemao.

Este arroyo se caracteriza porque a sus rondas se muestran desforestado, sumado a esto este arroyo sufre un proceso grave de contaminación de basuras y de aguas negras por los desechos y aguas servidas que se vierten a él.

- **Arroyo Mameyal**

Este arroyo recoge gran parte del drenaje pluvial del casco urbano del municipio de Turbaco. Nace en la cabecera en la cabecera municipal y realiza su recorrido hacia el sur- este para unirse al arroyo Cucuman. El arroyo Mameyal en su origen se encuentra arborizado pero durante su recorrido existen tramos desforestados.

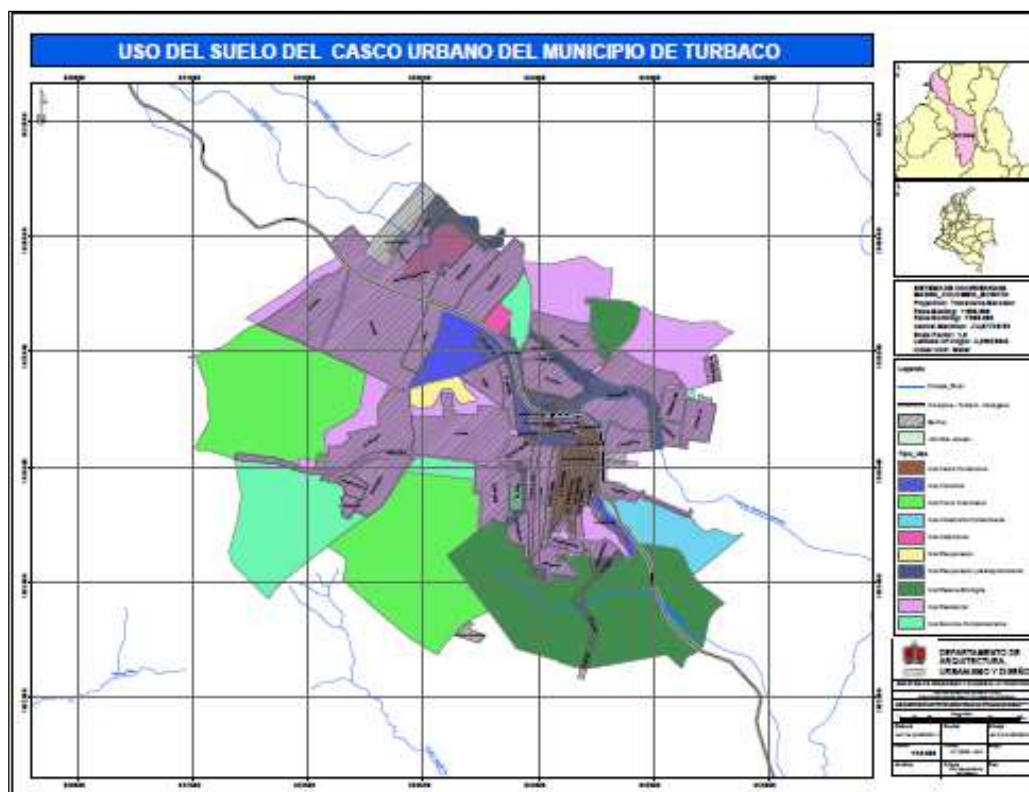
- **Arroyo Remanganagua**

Este arroyo vierte sus aguas al Arroyo Grande. Su nacimiento se da en la hacienda el Nilo. La microcuenca del arroyo Remanganagua está completamente desforestada y se encuentra represado en la finca El Nilo, por lo que en épocas de sequía pierde su cauce.

### **10.2.5 Urbano (PBOT)**

El plan básico de ordenamiento territorial del municipio en su propuesta de formulación plantea para el área de estudio específicamente donde se origina la inundación del municipio una zona de servicios complementarios. Actualmente en la parte este de este área se encuentran funcionando canteras a cielo abierto, y la zona se encuentra desforestada lo que ha incrementado las inundaciones en el área ver figura 11. Esta área donde se ubican estos servicios se ubican en el costado sur – este del barrio la Victoria.

Figura 11. Área de servicios complementarios



El plan básico de ordenamiento plantea también que para las zonas de amenazas mantenerlas sin viviendas ni asentamientos humanos, y por tanto libres de riesgos.

Dentro de las zonas de protección ambiental el plan básico de ordenamiento, plantea que la zona donde actualmente está el barrio el Ají y la zona de los Inválidos se mantenga como una zona de protección, esta zona actualmente se encuentra urbanizada, aunque no en su totalidad.



## **11 ANALISIS DE LA INFORMACION**

### **11.1 Área de inundación por escorrentía superficial**

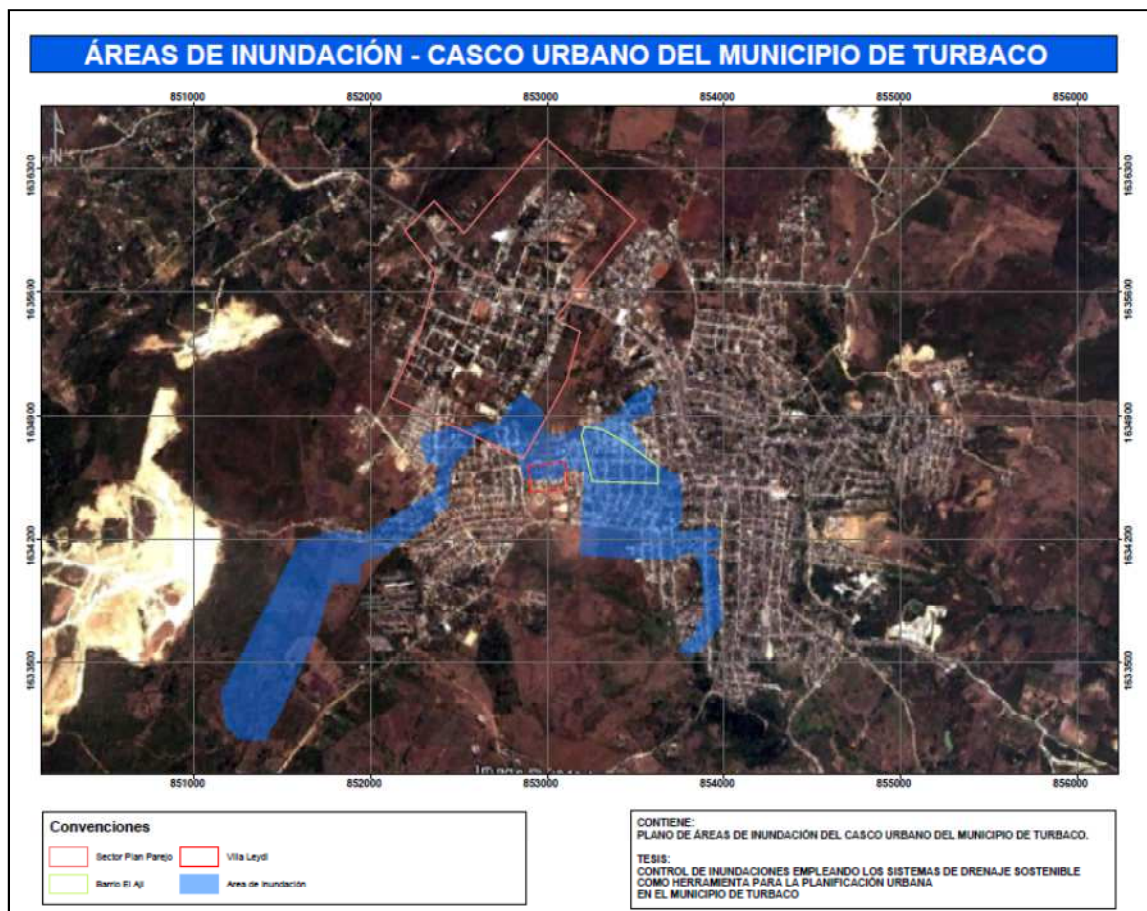
En la actualidad el área de inundación en el casco urbano del municipio corresponde al 20% del casco urbano del municipio. Estas inundaciones tienen su origen en varios factores. El factor principal corresponde a que el municipio no cuenta con un buen sistema de drenaje que le permita evacuar las aguas de escorrentía superficial de forma adecuada. Otro de los factores principales son las urbanizaciones no planificadas o en su defecto las malas decisiones a nivel municipal que se han tomado. Alguno de los ejemplos del factor descrito anteriormente son las urbanizaciones construidas en los sectores de Villa Leydi, el Ají, y las invasiones de algunos sectores con la Victoria. Otro factor importante y que está relacionado con lo urbanístico son los cambios de uso que se han generado en el casco urbano del municipio; estos crean un cambio en el grado de infiltración y como consecuencia de lo anterior hay un mayor aporte a las cuencas del casco urbano. No menos importantes son los factores de deforestación, taponamientos y contaminación de los canales naturales. El factor desforestación localizado a las afueras casco urbano como producto de la explotación de canteras y el taponamiento de los canales naturales producto de falta de conciencia ambiental.

Todos estos factores sumados son los que producen año tras año las inundaciones en el casco urbano del municipio de Turbaco.

El área de inundación se muestra en la figura 12. Se puede observar en la figura que los barrios afectados por la inundación están: La Victoria, Villa Leidy, El Ají, Fátima.

Actualmente se está proyectando la construcción de algunos conjuntos residenciales en el casco urbano del municipio; algunos de ellos se encuentran en estado de construcción y otros se encuentran en estado de gestación.

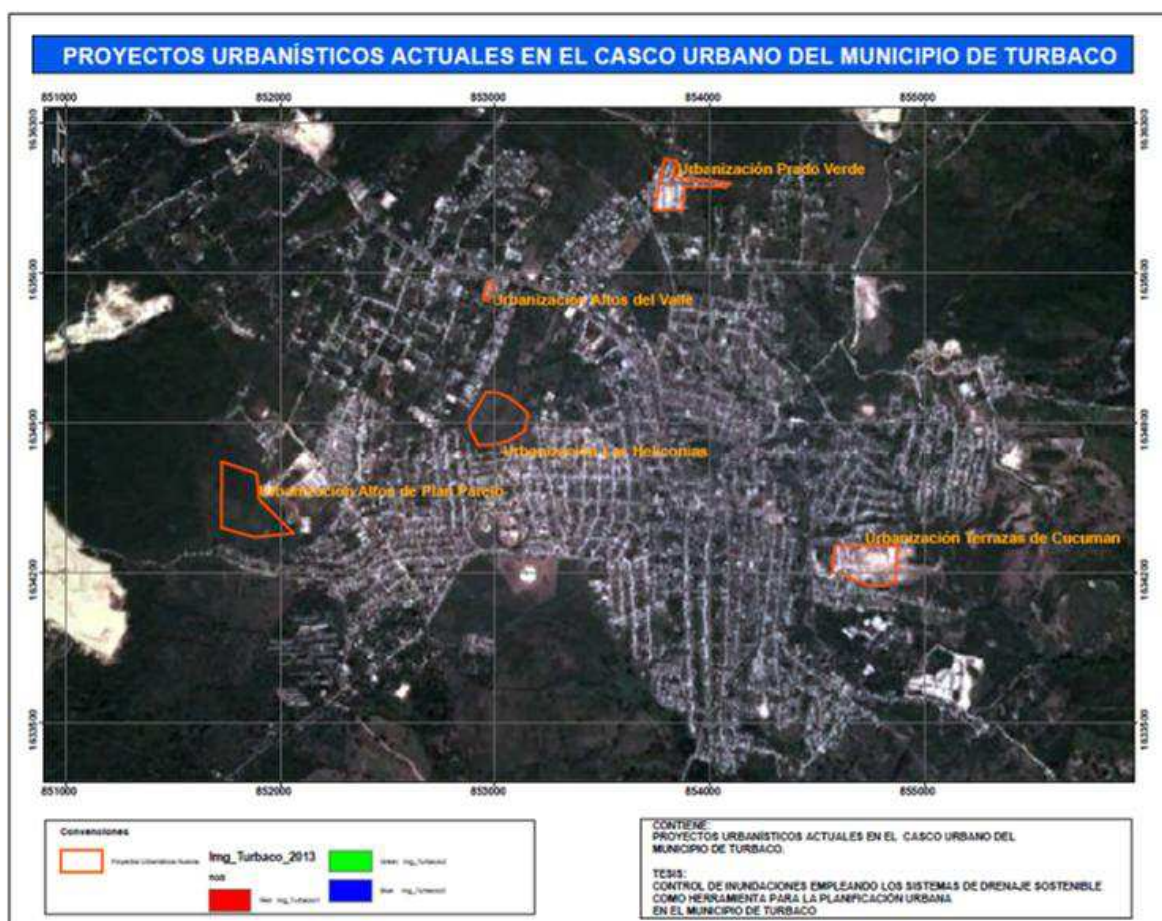
Figura 12. Área de inundación municipio de Turbaco



En fase de construcción se encuentra la urbanización Alto de Plan Parejo II, ubicada entre el sector de de la Victoria y la urbanización Plan Parejo I, esta urbanización está siendo construida en un área en el que si no se toman las medidas necesarias para mitigar el riesgo por inundación, sufrirá los consecuencias de este riesgo. Al igual que la urbanización Altos de Plan Parejo II se encuentra la Urbanización las Heliconias, proyectada para ser construida en el

lote contiguo a la Urbanización Malibú. En la figura 13 se muestran los proyectos que se proyectan en el municipio.

Figura 13. Proyectos urbanísticos del municipio



## 11.2 Impacto de las inundaciones en los barrios

El municipio a lo largo de los años ha sufrido diferentes inundaciones, pero tal vez una de las inundaciones más importantes por el nivel de las aguas y por las pérdidas materiales, fue la ocurrida a finales del año 2010 e inicio del 2011.

Durante este periodo el municipio fue golpeado por las inundaciones, dejando miles de damnificados. Las figuras 14, 15 y 16 se muestran la magnitud del fenómeno ocurrido durante esta época.



**Figura 14. Inundación Sector El Ají Año 2010**



**Figura 15. Inundación Sector Villa Leydi Año 2010**



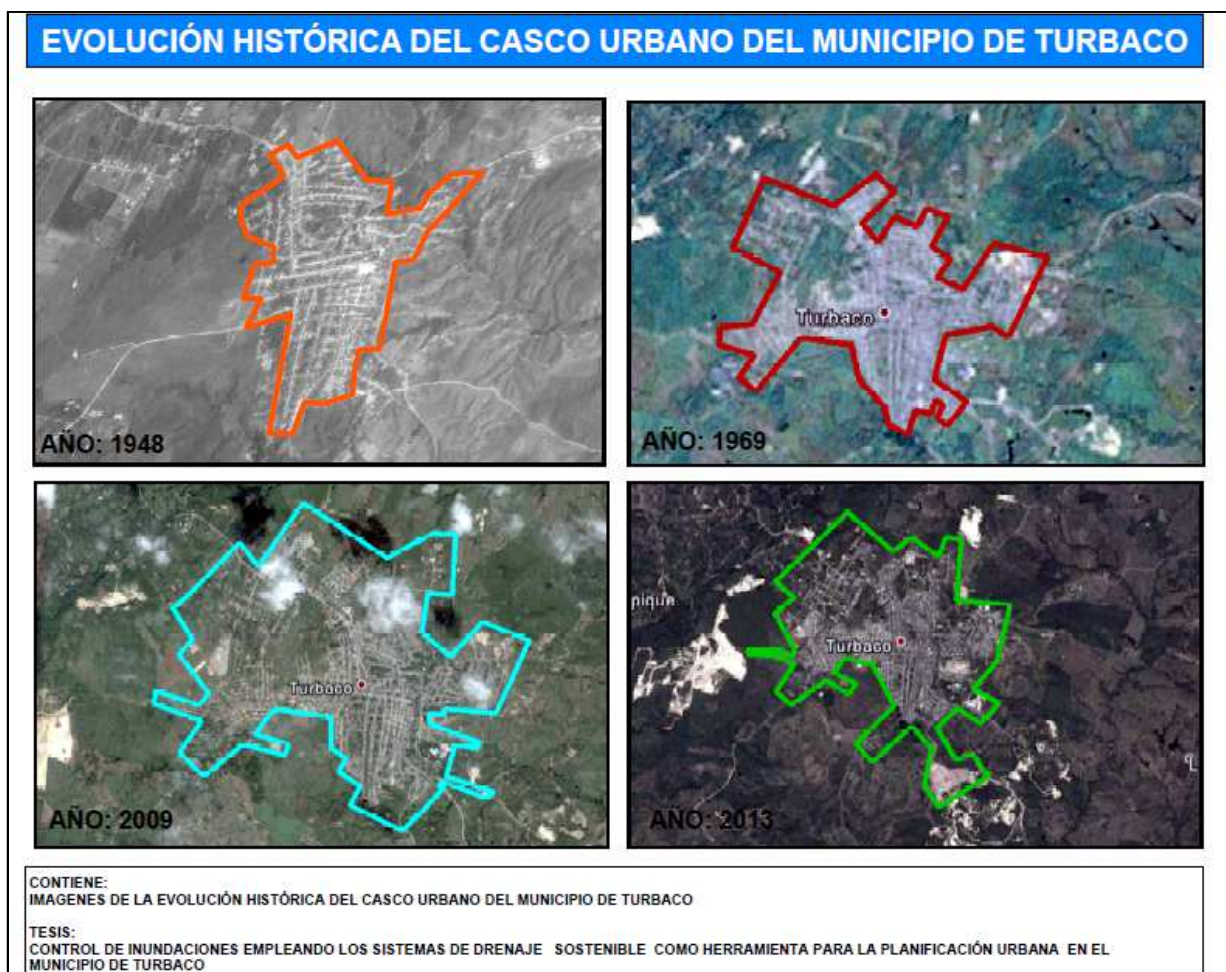
**Figura 16. Inundación Sector Plan Parejo Año 2010**



### **11.3 Cambios a nivel urbano**

A nivel urbano los cambios presentados en el municipio son notables, la presión por el suelo urbanizable y los cambios de uso que ha tenido el casco urbano a través de los años se pueden ver en la figura 17.

Figura 17. Evolución histórica del casco urbano



En esta figura se muestra cómo ha cambiado el perímetro del municipio desde el año 1948 hasta el año 2013, siendo los cambios más notables a nivel urbano los periodos comprendidos entre el 1948 hasta el 1969 y del 2009 hasta el 2013.

Los cambios más profundos se presentan en los Barrios la Victoria, Villa Leydi, El Ají y Fátima, también se observan cambios en el sector de Plan Parejo.

#### ➤ **Sector el Ají**

El sector donde se ubica el barrio el Ají, antes de ser urbanizando fue un sitio de recarga de acuífero, la urbanización de este barrio inicio aproximadamente en el año de 1995, donde sus habitantes fueron paulatinamente rellenoando estos sitios de recarga de acuífero y sobre estos rellenos construyeron sus viviendas. En las figuras 18, 19 y 20 se puede observar los sitios de recarga y la urbanización existente que se tiene en este área.

#### ➤ **Sector la Victoria**

Otro de los sectores donde se observan grandes cambios presentados es el sector de la Victoria. Este sector fue invadido hacia finales de los años noventa, asentándose en este lugar familias desplazadas las cuales quedaron ubicadas en zona de riesgo por inundación.

#### **Sector de Los Inválidos**

El Barrio Villa Leydi está ubicado en lo que antiguamente se le llamaba los Inválidos. Este sector antes de ser urbanizado se ubicaba en él una gran represa natural que servía también de recarga de acuífero; con el pasar de los tiempos esta gran represa se seco y fueron rellenoando y urbanizando el área.

En las figuras 18, 19 y 20 se muestran los cambios que ha sufrido el sector a través del tiempo.

#### ➤ **Sector Plan Parejo**

El sector de Plan Parejo lo componen diferentes barrios dentro de estos están: el Valle, Altamira, Plan Parejo Alto, Malibú, Villa Hermilda.



Este sector se caracteriza por ser bastante arborizado, pero con el transcurrir de los años esta gran arborización ha dado paso a la construcción de grandes viviendas campestres. En las figuras 18, 19 y 20 se muestran los cambios del sector a través del tiempo.

Figura 18. Sector Plan Parejo, Aji y Villa Leydi - Año 2007

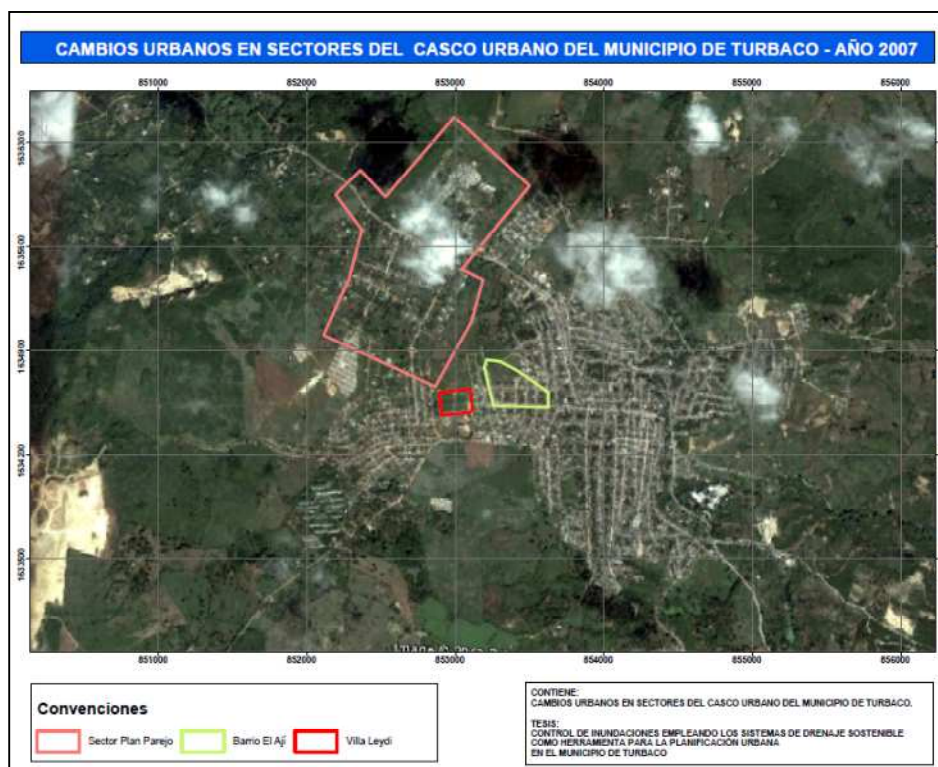


Figura 19. Sector Plan Parejo, Ají y Villa Leydi - Año 2010

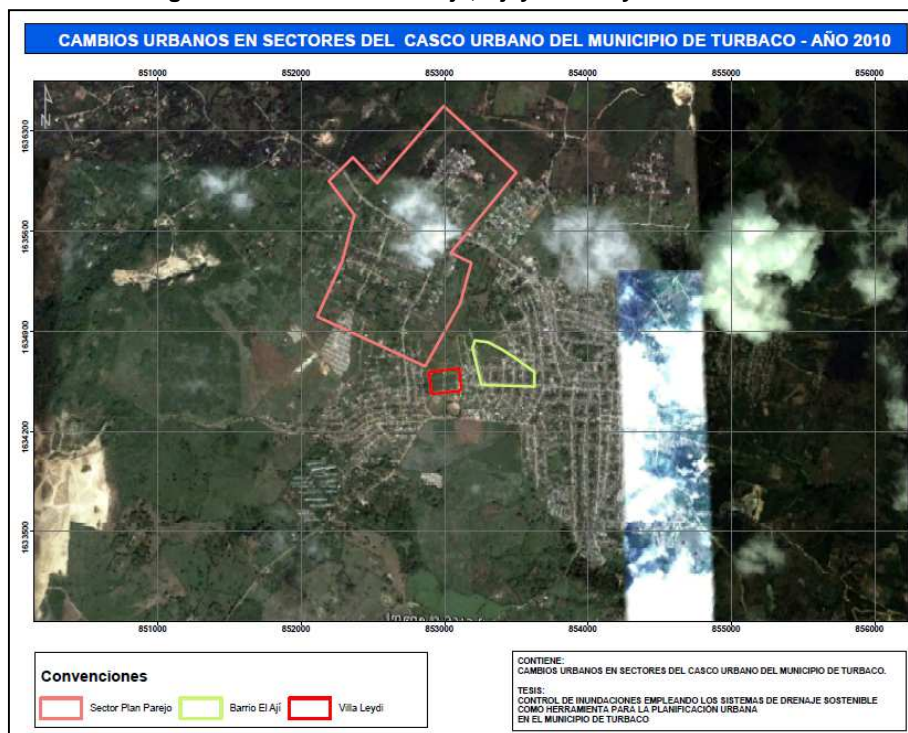
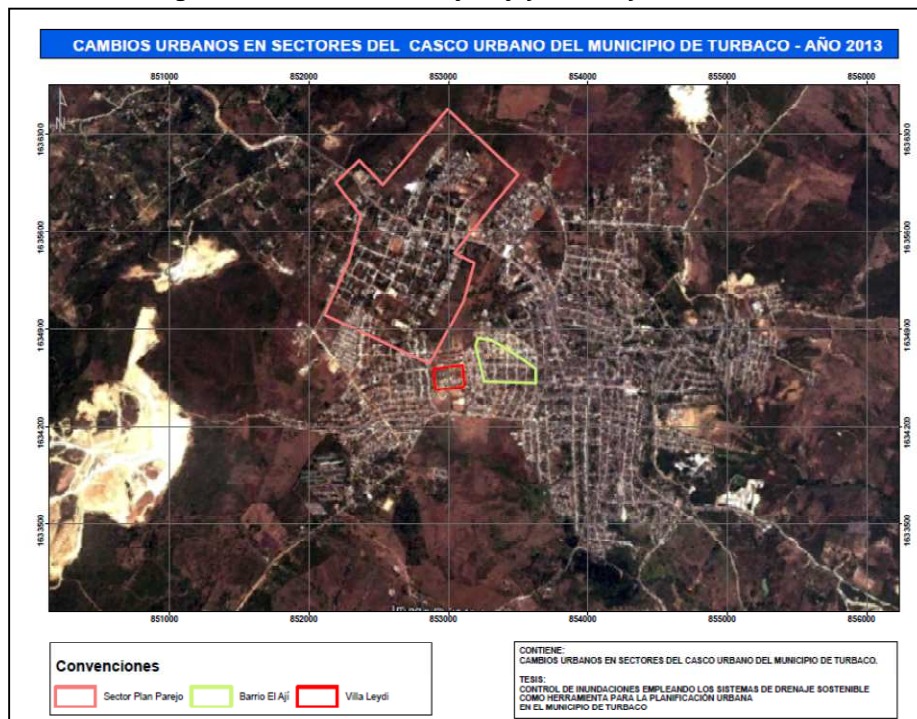


Figura 20. Sector Plan Parejo, Ají y Villa Leydi - Año 2013





### **11.3.1 Usos de suelo actual**

Aproximadamente el 80% del casco urbano del municipio de Turbaco posee un uso de suelo residencial, acompañado por la gran vegetación existente en el. Los usos comerciales e industriales son producto de la espontaneidad y el azar pero no obedecen a una planeación de las áreas donde se presentan.

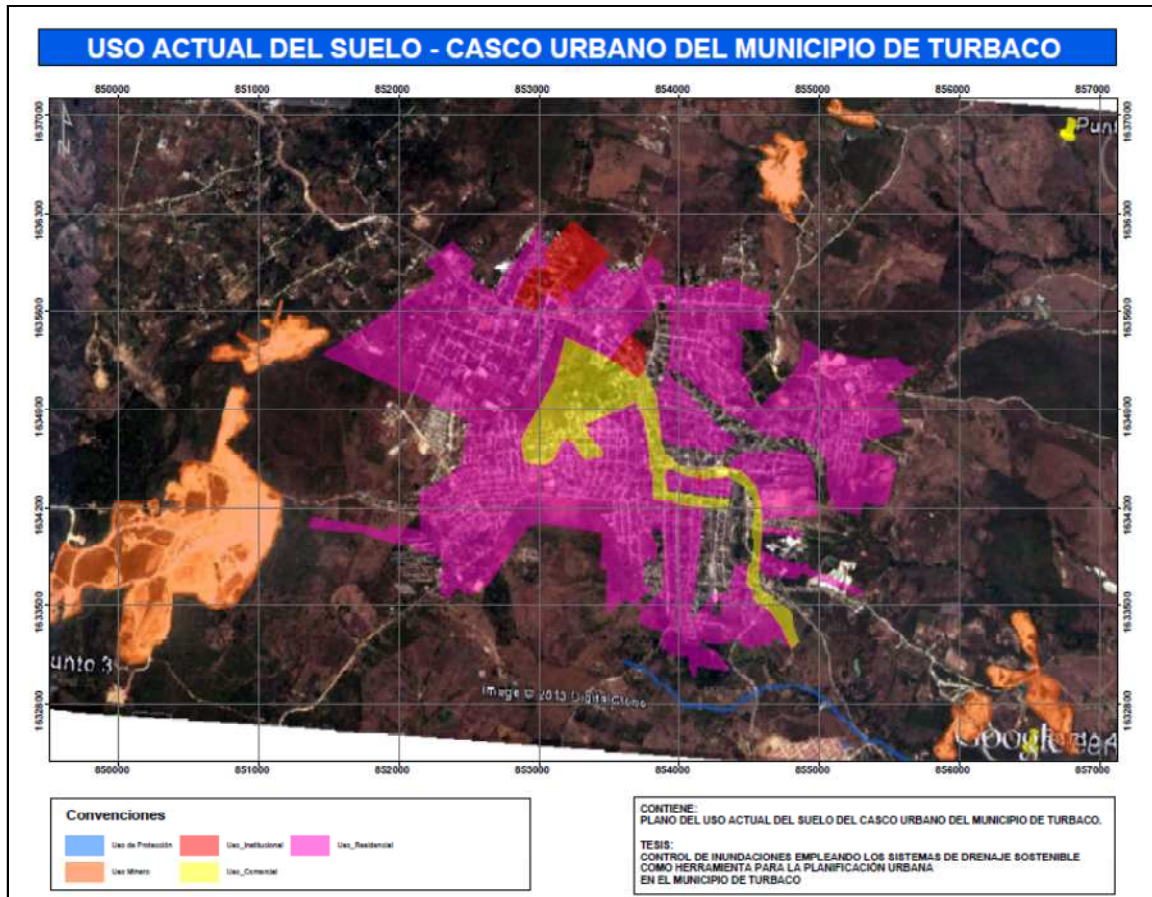
- **Suelos de expansión Urbana**

Se identifican áreas de expansión urbana producto de los fenómenos de invasión como también se identifican otras áreas que fueron producto de la planificación urbana que tuvo el municipio con su casco urbano

Dentro de los sectores que son productos de las invasiones están: El sector de la Victoria, el Sector del Paraíso y el sector de Manzanares. Las áreas que ha presentado mayor expansión son las que están ubicadas al nor oriente del casco urbano donde se ubican los sectores de Plan Parejo y La Granja. Otro de los sectores que presenta expansión en la parte urbana es el sector sur oriental, en este sector se ubican las Urbanizaciones de Bonanza, el Remanso, San Pedro y los Manguitos. Ver Figura 21.

En la actualidad se están desarrollando diversos proyectos de expansión urbana, algunos de ellos ya están en construcción, dentro de estos están: La etapa II de la urbanización Altos de plan Parejo; ubicada al sur oriente del casco urbano del municipio entre los sectores de la Victoria y la urbanización Plan parejo etapa I. Otros proyectos están todavía en periodo de gestación pero se proyectan las siguientes urbanizaciones: Urbanización las Heliconias ubicado en el lote contiguo a la Urbanización Malibú. Esta urbanización tiene varias etapas, la etapa I se proyecta en el sector más alto y las etapas II y III se proyectan en las áreas de amortiguamiento de las inundaciones. Otro de los proyectos que están en gestación es la Urbanización Altos del Valle, ubicada en el barrio el Valle.

Figura 21. Uso actual del suelo en el Casco urbano del municipio



- **Suelos de Protección**

El municipio posee a una gran biodiversidad en su ecosistema y en su paisaje. Esta gran biodiversidad se ha deteriorado con el pasar del tiempo dado las grandes intervenciones urbanísticas y mineras que se han realizado de manera no planificada; muchas de ellas no han sido benévolas con el medio ambiente y lo que han producido es un deterioro en la calidad de vida de la comunidad.

De todo lo anterior podemos decir que en el casco urbano del municipio no se encuentran zonas de protección, solo se observa la zona natural del arroyo Mameyal, la cual ha sido altamente intervenida.

#### ➤ **Uso residencial**

Actualmente las zonas de uso residencial corresponden al 80% de las áreas del casco urbano del municipio y corresponden a las áreas de los barrios residenciales del municipio.

#### ➤ **Uso Institucional**

Corresponden a los centros hospitalarios, iglesias, centros educativos. El principal centro hospitalario (ESE Hospital Turbaco) del municipio se encuentra ubicado al costado derecho de la troncal de occidente en el sentido (sur- norte) frente a la bomba de gasolina Esso. La principal iglesia del municipio se encuentra ubicada en la plaza principal donde también se encuentra localizada la sede de la alcaldía del municipio. Los principales centros educativos se encuentran localizados en la plaza principal (colegio Docente de Turbaco) y el colegio Crisanto Luque ubicado sobre el costado derecho de la troncal de occidente cercano al Hospital ESE de Turbaco.

#### ➤ **Uso Mixto**

Los usos mixtos corresponden a las zonas donde se mezclan los usos residenciales y los usos comerciales. Estos usos se encuentran a lo largo de la avenida Pastrana y en tramos de la troncal de occidente en el sentido norte – sur. Ver Figura 21.

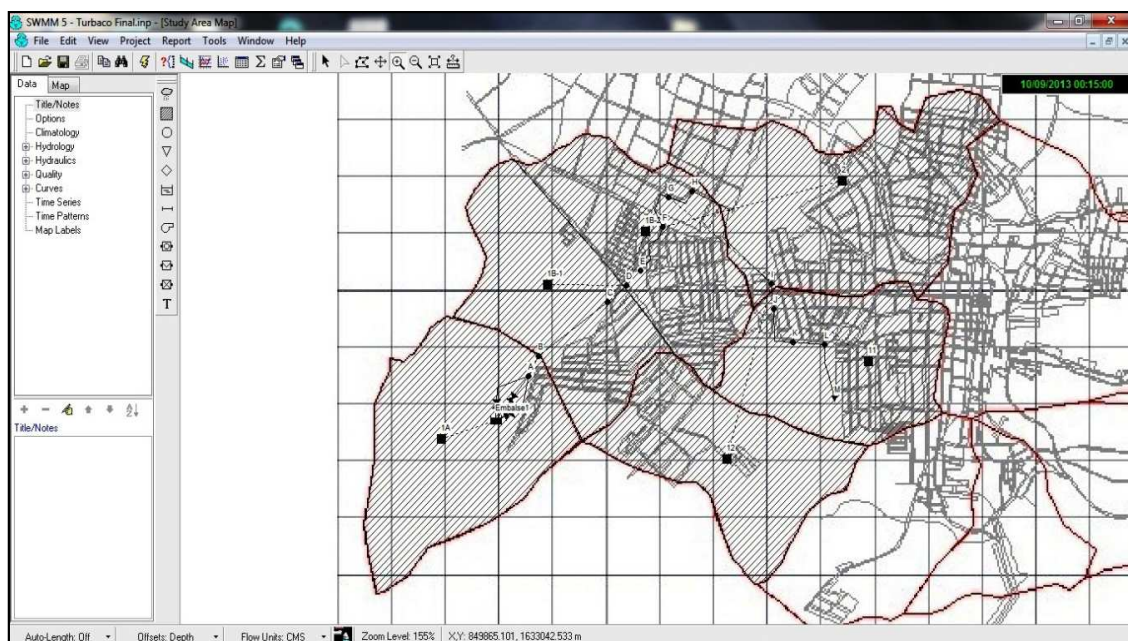
## 12 PROPUESTA DE PLANIFICACION URBANA

La propuesta de planificación urbana está basada en la incorporación de los sistemas de drenaje sostenible al paisaje urbano.

Para el desarrollo del sistema de drenaje que se propone se realizó inicialmente la hidrología del área de estudio, para este caso se utilizaron los registros de precipitación máxima de la estación Rafael Núñez por ser la estación pluviográfica mas cercana a la zona de estudio con distribución de lluvia. También fue necesario realizar un levantamiento topográfico del área de escurrimiento del drenaje pluvial actual, este levantamiento topográfico fue complementado con las curvas de nivel generadas a través del sistema de información geográfica, utilizando como insumo el Modelo digital del terreno de 30\*30 de la costa Caribe colombiana.

Esta información fue necesaria para la modelación hidrológica e hidráulica, para la cual se utilizo el software SWMM. En la figura 22 se muestra la configuración del los canales y estructura de retención propuesta en el software SWMM

**Figura 22. Configuración de estructuras de drenaje propuestas**





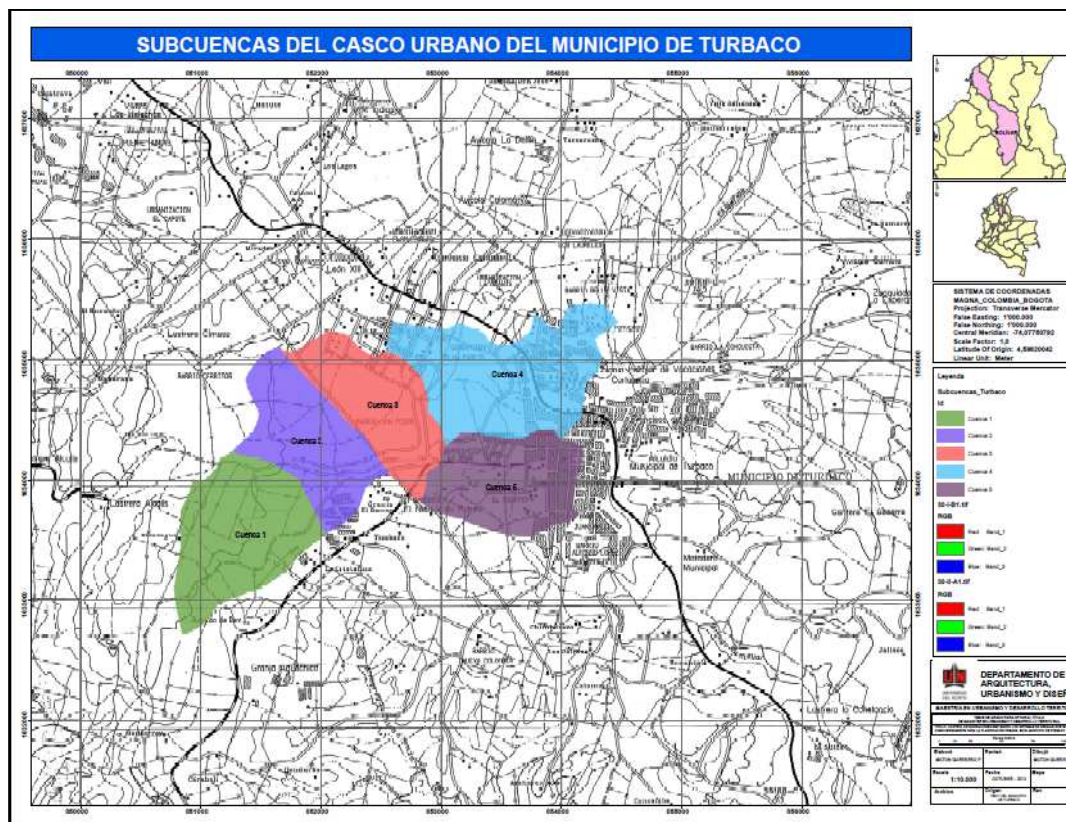
## 12.1 MODELO HIDROLÓGICO

Para el cálculo de los caudales que aporta cada cuenca al sistema, SWMM desarrolla un modelo lluvia – escorrentía basándose en los parámetros descritos a continuación:

### 12.1.1 Área de drenaje

El área de drenaje se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por la parte de aguas (Aparicio, 2011). Para este caso se obtuvieron 5 cuencas involucradas en la zona con posible riesgo de inundación. En la Tabla 1 se muestra el área de cada una de ellas y en la figura 23. Casco urbano se muestra las subcuencas delimitadas.

### Figura 23. Subcuenca Casco Urbano



**Tabla 1. Áreas de drenaje**

| <b>Cuenca</b> | <b>Área (ha)</b> |
|---------------|------------------|
| 1             | 115.2            |
| 2             | 60.5             |
| 3             | 67.8             |
| 4             | 72.8             |
| 5             | 90.3             |

### **12.1.2 Análisis de la precipitación**

Para el estudio de la precipitación máxima se contó con el registro de la estación Rafael Núñez (1970 - 2011). Los análisis de lluvias máximas para el estudio consistieron en la determinación de las lluvias máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno. La lluvia de diseño, tomada para un periodo retorno de 10 años y con una duración de 6 horas teniendo en cuenta los tiempos de concentración de las cuencas, se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2. Lluvia para un periodo de retorno de 10 años**

| <b>Tiempo (HH:MM)</b> | <b>Precipitación (mm)</b> |
|-----------------------|---------------------------|
| 00:00                 | 0                         |
| 00:15                 | 11.42                     |
| 00:30                 | 11.42                     |
| 00:45                 | 8.58                      |
| 01:00                 | 6.69                      |
| 01:15                 | 6.54                      |
| 01:30                 | 5.92                      |
| 01:45                 | 5.92                      |
| 02:00                 | 4.87                      |
| 02:15                 | 4.61                      |
| 02:30                 | 4.56                      |
| 02:45                 | 4.48                      |
| 03:00                 | 4.48                      |
| 03:15                 | 4.26                      |
| 03:30                 | 4.26                      |
| 03:45                 | 3.27                      |
| 04:00                 | 2.61                      |

|       |      |
|-------|------|
| 04:15 | 2.44 |
| 04:30 | 1.76 |
| 04:45 | 1.76 |
| 05:00 | 1.88 |
| 05:15 | 1.92 |
| 05:30 | 1.63 |
| 05:45 | 1.19 |
| 06:00 | 1.19 |

### 12.1.3 Caudales

En la Figura 24. Hidrograma Total. Se muestra el hidrograma total que resulta de la escorrentía de las cuencas aferentes al canal principal que se proyectará. En la figura 25 se muestran los hidrogramas para cada cuenca.

**Figura 24. Hidrograma Total**

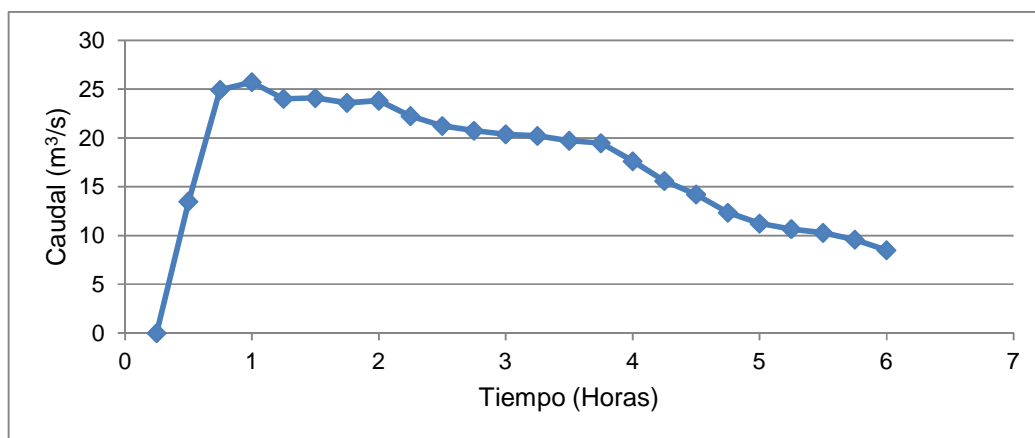
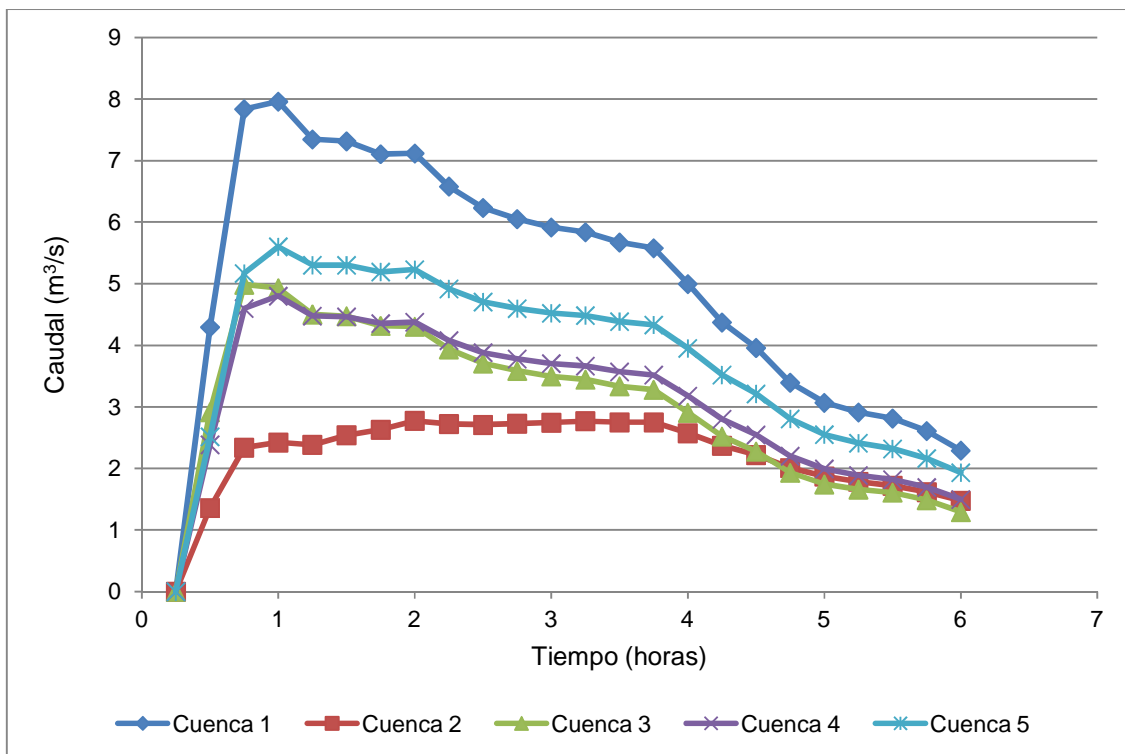


Figura 25. Hidrogramas para un periodo de retorno de 10 años



## 12.2 MODELO HIDRÁULICO

### 12.2.1 Situación actual

Actualmente la mancha de inundación cubre los barrios: La Victoria, Villa Leidy, El Ají, Fátima, Parte del sector de Plan Parejo, el sector de los Inválidos y parte del barrio la Cruz. En la Figura 12 se muestra el área de inundación del municipio de Turbaco

### 12.2.2 Solución al problema

Con el fin de solucionar el problema de inundación en la zona, se proyectan dos canales en hierba de sección trapezoidal; un canal principal y otro secundario. El canal principal se proyecta a lo largo de la corriente principal del drenaje natural.



Dicho canal descarga en una zona a través de la cual se dispone finalmente en el Arroyo Mameyal. El canal secundario se proyecta para recoger toda la escorrentía pluvial del sector del Ají, descargando este en el canal principal. Además de estos canales se proyecta una estructura de retención que controla los caudales aferentes a la zona urbana.

### 12.2.3 Canales principales

El trazado del canal principal se realizó a través de la corriente del drenaje natural. Con el fin de conservar el concepto urbanístico se adoptó una sección trapezoidal y un coeficiente de rugosidad de 0.03 que corresponde a un revestimiento vegetal del canal. Además se diseñó un canal en el sector del Ají con el fin de recoger la escorrentía de la zona y darle mayor capacidad de evacuación al sistema. En la Tabla 3 se muestran las dimensiones de los tramos del canal principal y en la Tabla 4 las dimensiones de los tramos del canal El Ají.

**Tabla 3. Dimensiones del canal principal**

| Tramo  |        | Sección     | Base (m) | Altura (m) | Z | Borde libre (%) |
|--------|--------|-------------|----------|------------|---|-----------------|
| K0+000 | K0+050 | Trapezoidal | 2        | 1          | 1 | 18.0            |
| K0+050 | K0+400 | Trapezoidal | 2        | 1          | 1 | 33.0            |
| K0+400 | K0+500 | Trapezoidal | 2        | 1          | 1 | 37.0            |
| K0+500 | K0+680 | Trapezoidal | 2        | 1          | 1 | 24.0            |
| K0+680 | K1+000 | Trapezoidal | 2        | 1          | 1 | 15.0            |
| K1+00  | K1+050 | Trapezoidal | 2        | 1.2        | 1 | 20.8            |
| K1+050 | K1+250 | Trapezoidal | 2        | 1.2        | 1 | 20.8            |
| K1+250 | K1+450 | Trapezoidal | 2        | 1.2        | 1 | 20.8            |
| K1+450 | K2+000 | Trapezoidal | 2        | 1.5        | 1 | 30.7            |
| K2+000 | K2+100 | Trapezoidal | 2        | 1.5        | 1 | 31.3            |
| K2+100 | K2+350 | Trapezoidal | 3        | 1.5        | 1 | 28.0            |
| K2+320 | K3+250 | Trapezoidal | 3        | 1.5        | 1 | 18.0            |

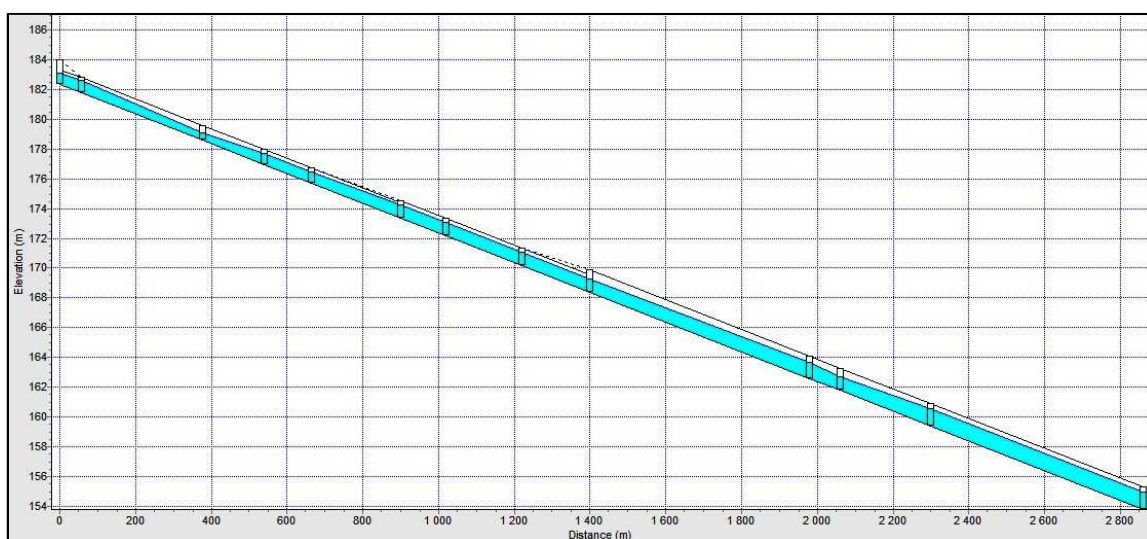
**Tabla 4. Dimensiones del canal El Ají**

| Tramo  |        | Sección     | Base (m) | Altura (m) | Z | Borde libre (%) |
|--------|--------|-------------|----------|------------|---|-----------------|
| K0+000 | K0+700 | Trapezoidal | 1        | 1.5        | 1 | 11.3            |
| K0+700 | K0+850 | Trapezoidal | 1        | 1.5        | 1 | 31.3            |
| K0+850 | K1+00  | Trapezoidal | 1        | 1          | 1 | 30.0            |

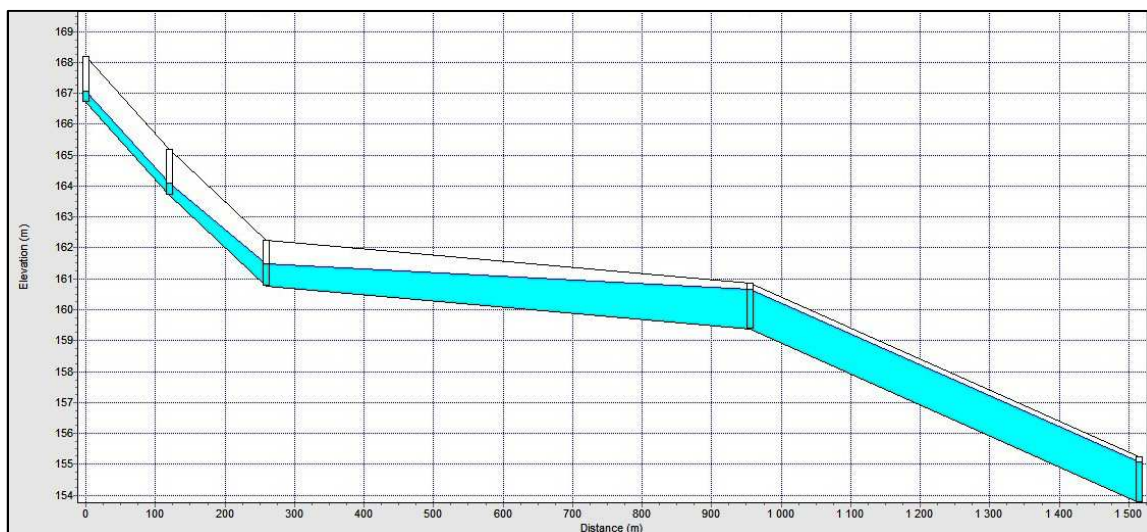
En las figuras 26 y 27 se muestra el perfil de flujo para el canal principal y el perfil de flujo para el canal del Ají.

En la figura 28 se muestra la sección típica de los canales con revestimiento en hierba.

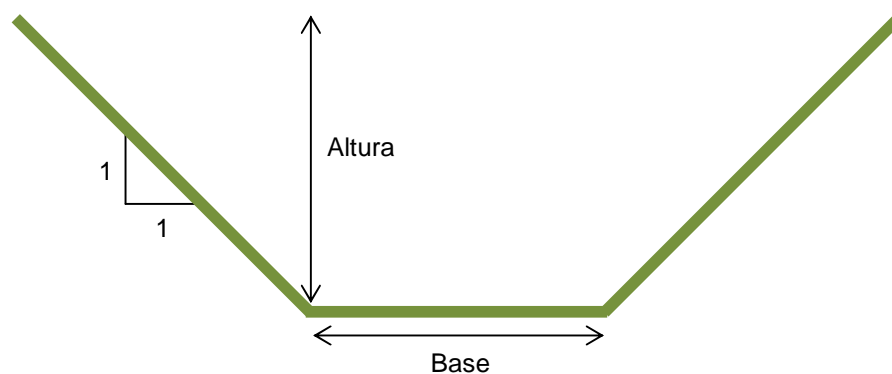
**Figura 26. Perfil de flujo en el canal principal**



**Figura 27. Perfil de flujo en el canal El Ají**



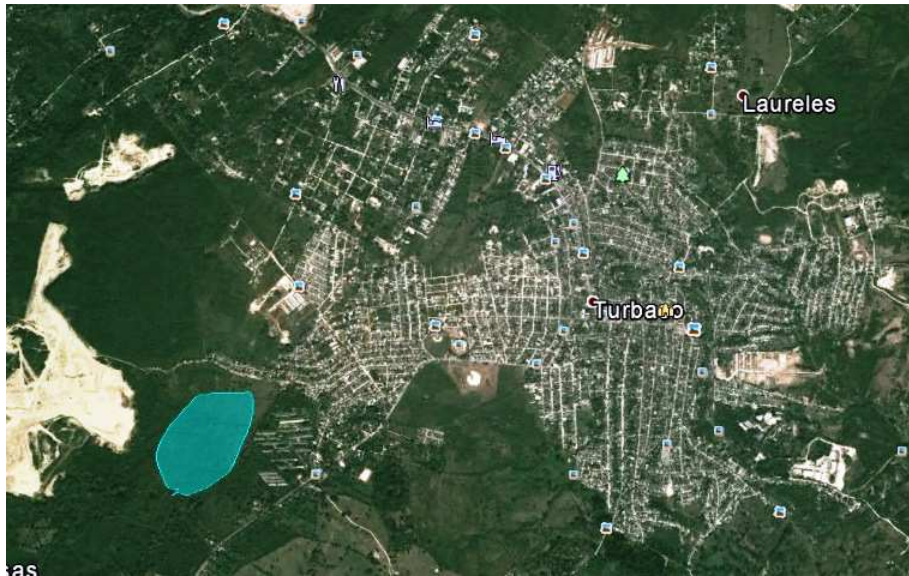
**Figura 28. Sección típica del canal principal**



#### **12.2.4 Estructura de almacenamiento**

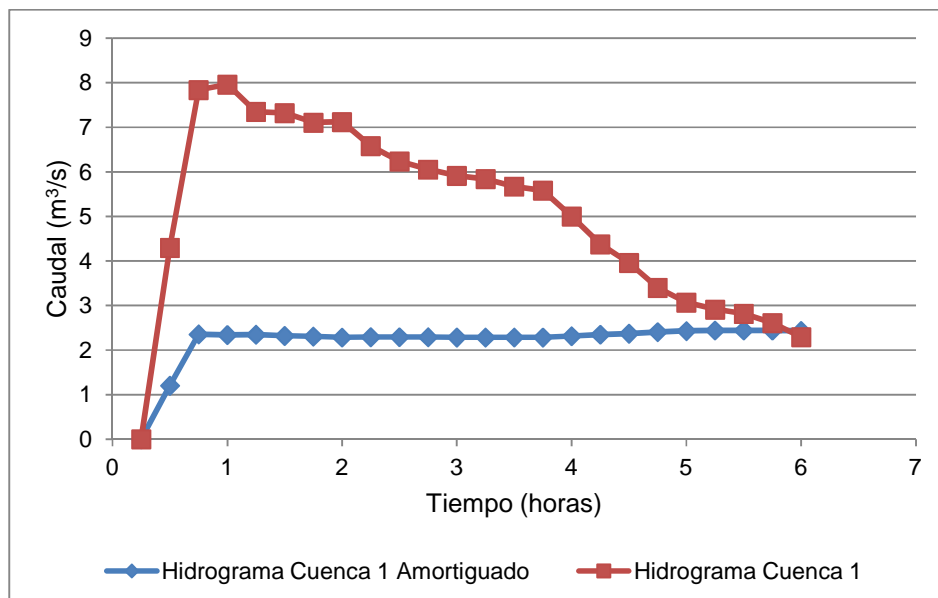
Para amortiguar las crecientes de inundación y para disminuir las secciones de los canales y de esta manera evitar la reubicación de viviendas se propone una estructura de retención o almacenamiento. Esta estructura estará integrada al espacio urbano del municipio. La estructura proyectada, es una estructura de almacenamiento que retiene el caudal que aporta la cuenca 1 y lo descarga gradualmente produciendo una disminución en el pico del hidrograma total. En la figura 28 se muestra la ubicación del embalse de retención y en la figura 30 se muestra el hidrograma de amortiguamiento.

Figura 29. Ubicación de estructura de almacenamiento



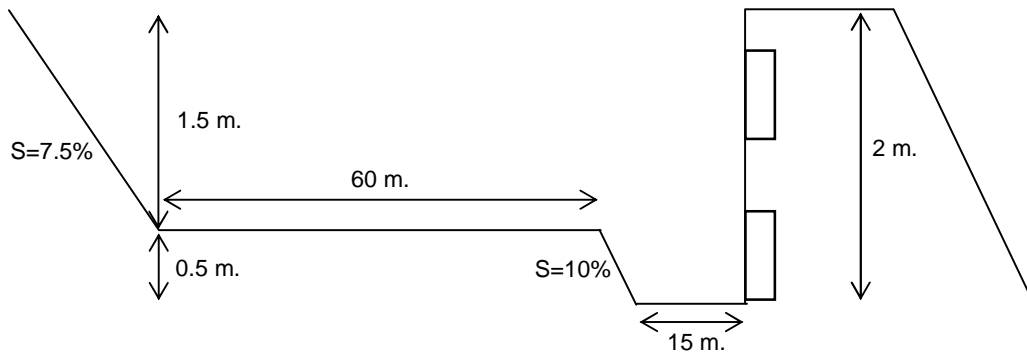
Para el dimensionamiento del embalse se tuvo en cuenta el volumen total de la creciente para un periodo de retorno de 10 años y una capacidad adicional para otras crecientes mayores. Se proyectaron dos orificios y un vertedero como estructuras de descarga.

Figura 30. Hidrograma de amortiguamiento de la cuenca 1 a través del embalse



En la figura 30 se muestra una vista en perfil del embalse.

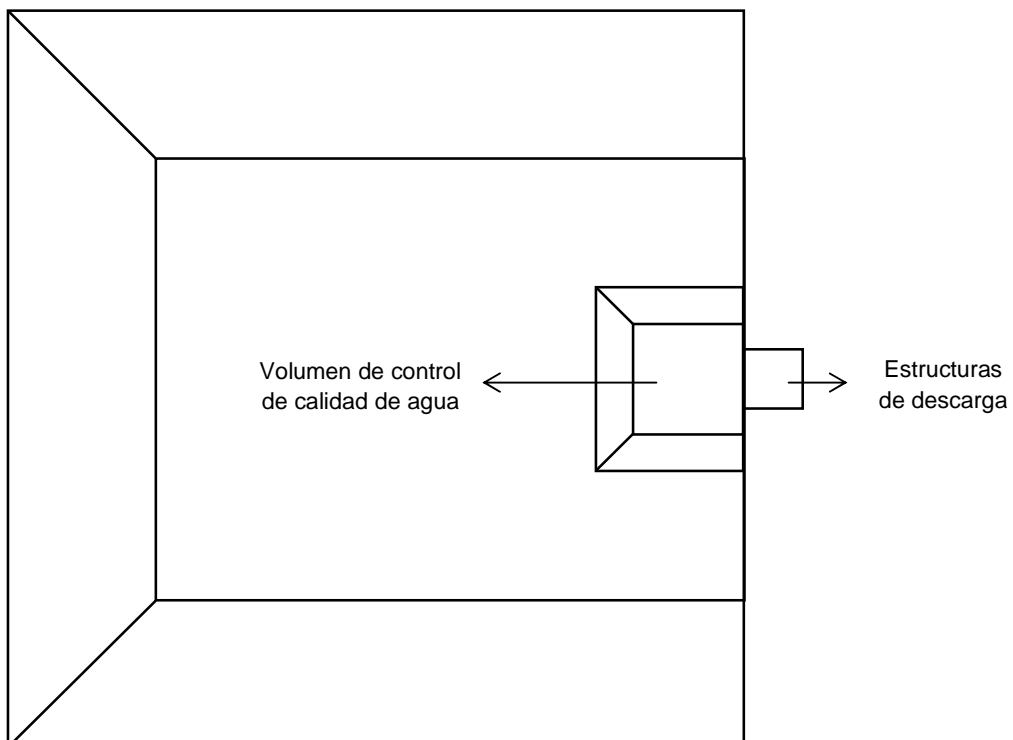
**Figura 31. Vista en perfil del embalse**



Para la construcción del embalse se requiere un área de 10.000 m<sup>2</sup> (1 hectárea).

En la figura 31 se muestra una vista del embalse en planta.

**Figura 32. Vista en planta del embalse**



### **12.3 Sistema de aplicación de los SUDS en el área de estudio**

Ante la gran necesidad de desarrollo urbano en el municipio de Turbaco, se realiza una propuesta motivada de planificación urbana para la el área de estudio basada en los sistemas de drenajes sostenibles como elementos respetuosos del medio ambiente, e integrantes de la infraestructura urbana, hidráulica y paisajística del territorio.

Básicamente la propuesta está fundada en la necesidad que tiene el municipio de solucionar su problema de inundación e incorporar dicha solución al paisaje urbano. Esta propuesta la constituyen el embalse de retención y los canales en hierba, acompañado por las vías peatonales y vehiculares adyacentes a este.

- **Embalse de retención**

El embalse de retención está ubicado en un área contigua al barrio la Victoria, se determino esta área dada las características topográficas del terreno propicio para el desarrollo de este tipo de sistema de drenaje. El embalse tiene como función retener la escorrentía pluvial proveniente de la zona sur oeste del municipio y retener la carga de sedimentos. El embalse tiene un área de una (1ha) hectárea y una profundidad máxima de 2m.

Considerando las áreas aledañas al embalse como futuras intervenciones urbanísticas, se desarrollo el concepto del embalse como una zona que permitiera la comunicación, el esparcimiento y la recreación para sus habitantes. Por esta razón se concibió como una zona donde se puede dar la práctica de deportes náuticos y su área perimetral fue concebida como áreas propicias para la comunicación y la integración de la comunidad. Las figuras que van de la 33 a la 36 muestran el embalse y las actuaciones urbanísticas alrededor de este.









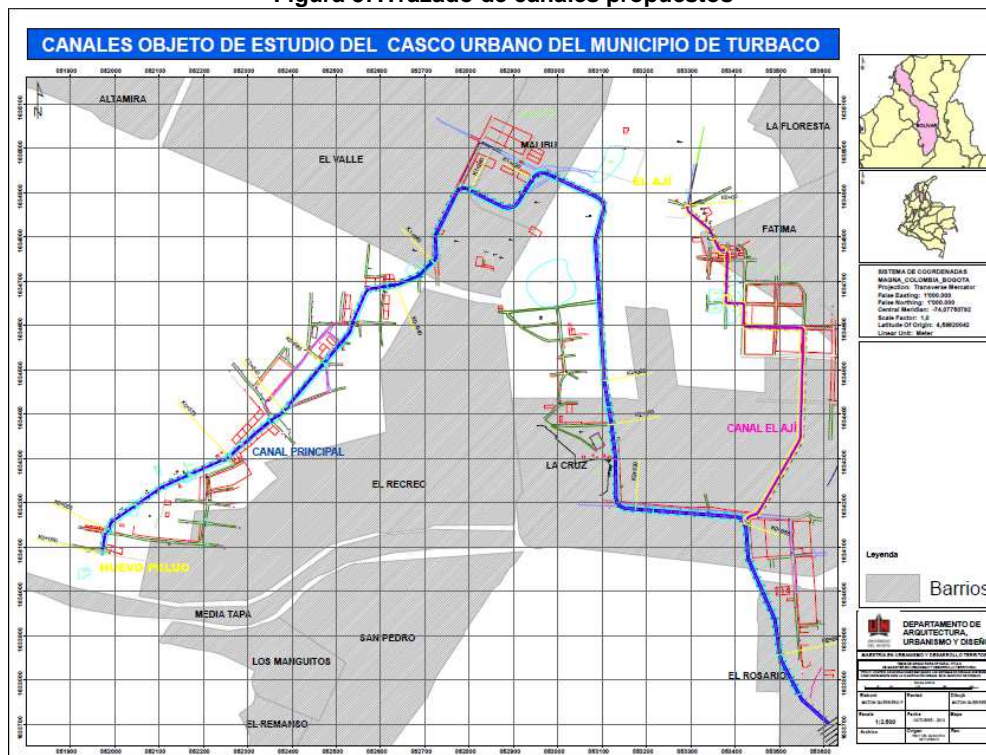
- **Cunetas verdes**

Estos elementos consisten en canales vegetalizados por donde se transporta la escorrentía proveniente del embalse y de las áreas impermeables del casco urbano del municipio. El trazado de los canales verdes propuesta sigue la topografía del terreno natural y el área por donde escurre actualmente el drenaje pluvial del casco urbano del municipio.

Se proponen dos canales, un canal principal de sección trapezoidal revestido en hierba que inicia en el área del embalse pasando por el sector de la Victoria recogiendo y transportando toda la escorrentía pluvial proveniente del embalse y de las áreas aledañas al canal. Este canal continúa su trazado por el sector de Inválidos, Plan Parejo, el sector de la Cruz, el sector del Estadio hasta entregar las aguas producto del drenaje pluvial al arroyo Mameyal.

El segundo canal que se propone es el canal el Ají, el cual recoge toda la escorrentía pluvial del sector del Ají hasta conducirla al canal principal.

**Figura 37. Trazado de canales propuestos**



Actualmente las aguas pluviales del municipio corren por las calles, por esta razón se proponen canales verdes por las calles acompañados por zonas peatonales y vehiculares a lo largo de su recorrido. Se propone que para darle soporte a las paredes del talud del canal, este sea protegido con una geo membrana la cual permite el crecimiento de la hierba.

**Figura 38. Canal trapezoidal en hierba**

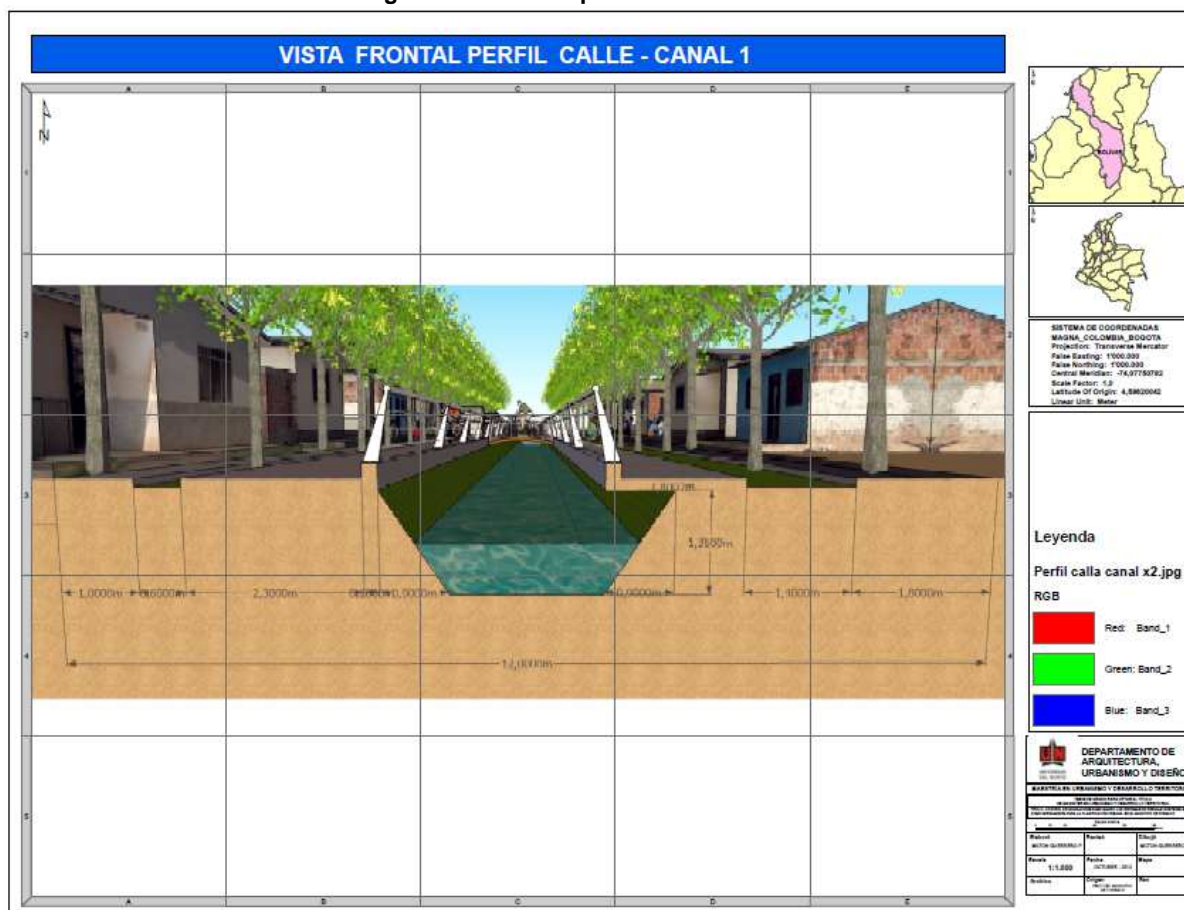


Figura 39. Canal en planta



- **Tipología de calles**

Se proponen calles en las cuales los espacios laterales al canal, sean construidos en superficies permeables que proporcionan un medio propicio para el tráfico peatonal o vehicular permitiendo simultáneamente la percolación de las aguas lluvias a las capas inferiores de la estructura de pavimento.

La propuesta de este tipo de calles es otro tipo de sistema de drenaje sostenible y lo que busca es disminuir las superficies impermeables y servir de medio de infiltración.

En las figuras 39 a la 42 se muestran los tipos de calles que se proponen



Figura 40. Perfil de calles municipio de Turbaco



Figura 41. Perfil de calle municipio de Turbaco



Figura 42. Perfil de calles municipio de Turbaco



### 13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con la propuesta de SUDS se da solución a los problemas ocasionados por el drenaje pluvial asociados al caudal a evacuar; disminuyendo sustancialmente el riesgo por inundación en los diferentes barrios del municipio de Turbaco, Bolívar.
- La propuesta de utilización de los SUDS en el municipio de Turbaco se presentan como un elemento integrador municipio-naturaleza muy importante que ha de ser considerada como una herramienta para la planificación urbana y que debe incluirse dentro del próximo Plan Básico de Ordenamiento y debe ser tenido en cuenta por los diseñadores urbanos.
- Con el uso de SUDS se revaloriza el entorno urbano del municipio de Turbaco (Sector de la Victoria, sector de Villa Leidy, Sector de los Inválidos, Sector del Ají, Sector de Plan Parejo) como consecuencia de la posibilidad de recuperar zonas que habían perdido valor a raíz de las frecuentes inundaciones ocurridas en el municipio.
- Dentro de los factores que más influyen en las inundaciones que se presentan en el municipio están: la falta de un alcantarillado pluvial, los procesos urbanísticos que se han dado en los últimos años han ocasionado un cambio de uso de suelo y la explotación de canteras.
- El embalse de retención servirá para regular los caudales, permitiendo que las calles evacuen la esorrentía pluvial de manera gradual. Este servirá para retener el 25% del caudal total.

- El embalse de retención en conjunto con los canales revestidos en hierba y las calles con superficies permeables forman en conjunto el sistema de drenajes sostenible propuesto para el municipio de Turbaco Bolívar.
- Se recomienda que los nuevos proyectos urbanos que se están llevando a cabo en el municipio tengan en cuenta la implantación de los SUDS como son los sistemas de infiltración o control en el origen, de los cuales hacen parte las superficies permeables, la zanjas de infiltración entre otros.
- Se recomienda que el municipio incorpore dentro de su nuevo Plan Básico de Ordenamiento Territorial, los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) como elementos de planificación urbana para la mitigación del riesgo de inundación del municipio de Turbaco Bolívar.
- Se recomienda que para futuros proyectos de investigación utilizar otros sistemas urbanos de drenaje sostenible tales como. Lagos artificiales, zanjas de infiltración, entre otros.
- Se recomienda proyectos futuros investigar sobre el cambio climático y su influencia en los sistemas urbanos de drenaje sostenible con miras una planificación territorial adecuada.

## 14 BIBLIOGRAFIA

SARA PERALES MOMPARTLER, IGNACIO ANDRÉS-DOMÉNECH. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Los Sistemas Urbanos sostenibles una alternativa a la gestión del agua de lluvia

JOSEBA RODRIGUEZ BAYON, JORGE RODRIGUEZ HERNÁNDEZ, ELENA GÓMEZ-ULLATE FUENTE, DANIEL CASTRO FRESNO Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción. Universidad de Cantabria. Sistemas urbanos de drenaje sostenible.

ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO, BOLIVAR, Plan Básico de Ordenamiento Territorial, Agosto de 2002

CORPORACION AUTONOMA DEL CANAL DEL DIQUE CARDIQUE, Estudio Hidrogeológico y Determinación del Potencial Hídrico del área correspondiente al acuífero de Turbaco, 2006

CORPORACION AUTONOMA DEL CANAL DEL DIQUE CARDIQUE, Plan de ordenamiento y manejo de la Cuenca hidrográfica del complejo humedal del canal del dique, 2007.

CORPORACION AUTONOMA DEL CANAL DEL DIQUE CARDIQUE – UNIVERISDAD DE CARTAGENA, Plan de Drenaje Pluvial 2011

APARICIO, F. J. (2011). Fundamentos de hidrología de superficie. México, D.F.:

LIMUSA.EPA. (2005). Manual del usuario SWMM 5.0.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Ley 1523 “Por el cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se Establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones”.

CARLOS EDUARDO MORELLI TUCCI. Gestión de inundaciones urbanas. Porto Alegre. Marzo 2006.

MARTHA PATRICIA MOLINA LEÓN, LEONARDO GUTIÉRREZ, JAIDY SALAZAR, JUAN MANUEL CASTAÑEDA VEGA. Documento Técnico de Soporte DTS. Sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS para el plan de ordenamiento zonal norte poz. Alcaldía mayor de Bogotá. Secretaria Distrital de Ambiente. Diciembre 2011.



FREDDY LEONARDO FRANCO IDARRAGA. Respuestas y propuestas ante el riesgo de inundación de las ciudades colombianas.

AXEL DOUROJEANNI, ANDREI JOURAVLEV. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL. Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. Diciembre 1999.

M ISABEL PAVEZ R. Artículo Inundaciones y Desarrollo Urbano: algunas reflexiones para el debate.

EMILY WAKILD. University of Arizona. Naturalizing Modernity: Urban Parks, Public Gardens and Drainage Projects in Porfirian Mexico City. Disponible en: <http://www.jstor.org/page/info/about/policies/terms.jsp>.

AYUNTAMIENTO DE MADRID. Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid. Madrid. 1-108.

# **ANEXOS**

## REGISTROS FOTOGRAFICOS

**Inundación Sector El Ají Año 2010**



**Inundación Sector Fátima Año 2010**



**Inundación Sector Plan Parejo Año 2010**



**Inundación Sector Villa Leydi Año 2010**



**Inundación Sector Poza de Manga Año 2010**



**PLANOS**



# LOCALIZACIÓN DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO



SISTEMA DE COORDENADAS  
MAGNA COLOMBIA, BOGOTÁ  
Proyección: Transversa Mercator  
False Easting: 1000.000  
False Northing: 1000.000  
Central Meridian: -76.27777778  
Scale Factor: 1.0  
Latitude Of Origin: 4.83000000  
UTM Zone: 18N

## Leyenda

Img\_Turbaco

RGB

|  |                |
|--|----------------|
|  | Red: t2013c1   |
|  | Green: t2013c2 |
|  | Blue: t2013c3  |

|  |          |          |
|--|----------|----------|
| <br><b>DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO</b><br>INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO |          |          |
| Proyecto   | Proyecto | Proyecto |
| Fecha  | Fecha    | Fecha    |
| Autores  | Autores  | Autores  |



SISTEMA DE COORDENADAS  
MAGNA\_COLOMBIA\_BOGOTA  
Proyeccion: Transversa Mercator  
False Easting: 1000.000  
False Northing: 1000.000  
Central Meridian: -74,07750782  
Scale Factor: 1,0  
Latitude of Origin: 4,88620042  
Linear Unit: Meter

## Levende

- Area de inundación

- Perinatal University

PLANCHAS 30-I-B1

- RGB

- 
- Red Band 1

- Green: Band\_2

Page 10

- PLANCHA 30-II-A1

- 

- 
- New  
■ Existing

DEPARTAMENTO DE  
ARQUITECTURA,  
URBANISMO Y DISEÑO

1. **NAME OF THE PARTY OR ORGANIZATION**  
 2. **ADDRESS**  
 3. **CITY**  
 4. **STATE**  
 5. **ZIP**  
 6. **PHONE**  
 7. **FAX**  
 8. **E-MAIL**  
 9. **WEBSITE**  
 10. **OTHER INFORMATION**

|                    |                     |                      |
|--------------------|---------------------|----------------------|
| <b>Kategori</b>    | <b>Berkas</b>       | <b>Dibuat</b>        |
| Melihat Daftar Isi |                     | AUTOTAG-02-000-AFD-0 |
| <b>Penerbit</b>    | <b>Penerbit</b>     | <b>Rupa</b>          |
| t-12-200           | 2007-0000... 2013   |                      |
| <b>Bahasa</b>      | <b>Cetakan</b>      | <b>Foto</b>          |
|                    | 0001-000-000-000000 |                      |



# CURVAS DE NIVEL - CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO



SISTEMA DE COORDENADAS  
MAGNA, COLOMBIA, BOGOTÁ  
Proyección: Transversa Mercator  
False Easting: 1960.000  
False Northing: 1960.000  
Central Meridian: 76.2778792  
Scale Factor: 1.0  
Latitude Of Origin: 4.59620042  
Linear Unit: Meter

## Leyenda

Curvas de nivel

## Img\_Turbaco

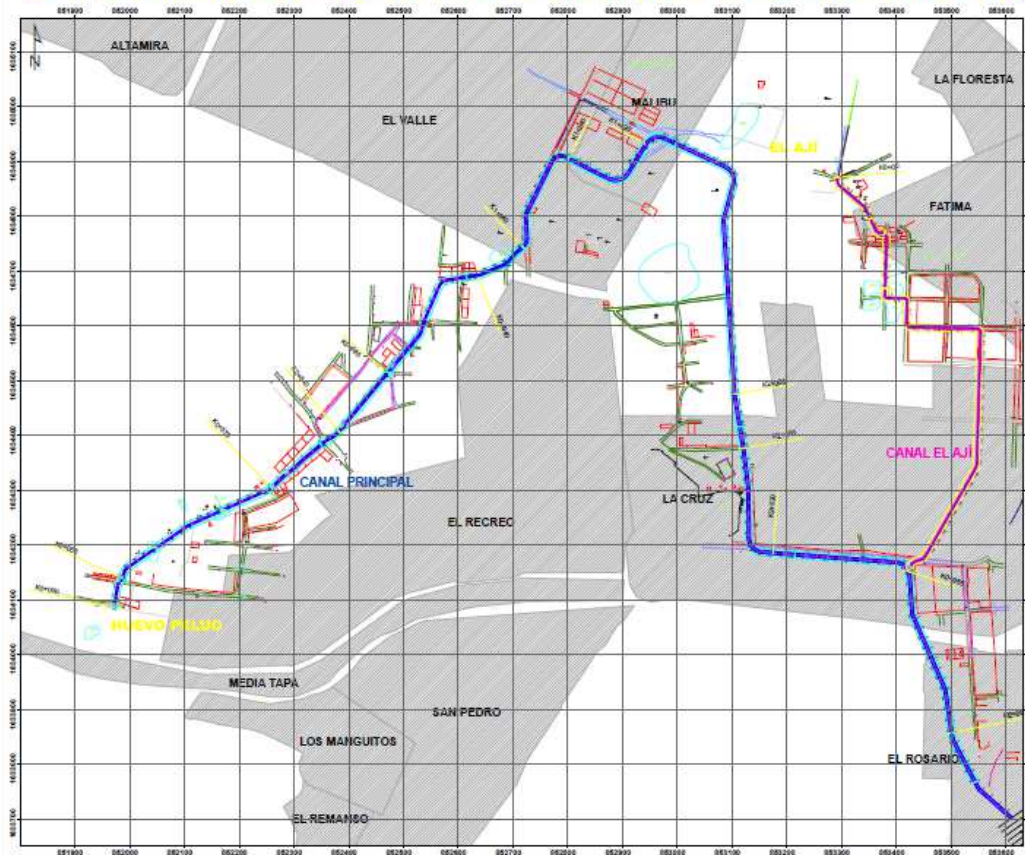
### RGB

Red:  
Green:  
Blue:

|   |                      |                          |
|---|----------------------|--------------------------|
| <b>DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO</b> |                      |                          |
| INSTITUTO DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO URBANO             |                      |                          |
| Fecha:<br>2024-08-01                                    | Párrafo:<br>1        | Códig:<br>2024-08-01-001 |
| Escala:<br>1:7.000                                      | Fecha:<br>2024-08-01 | Hora:<br>                |
| Autor:<br>  | Origen:<br>          | Eje:<br>                 |



# CANALES OBJETO DE ESTUDIO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO



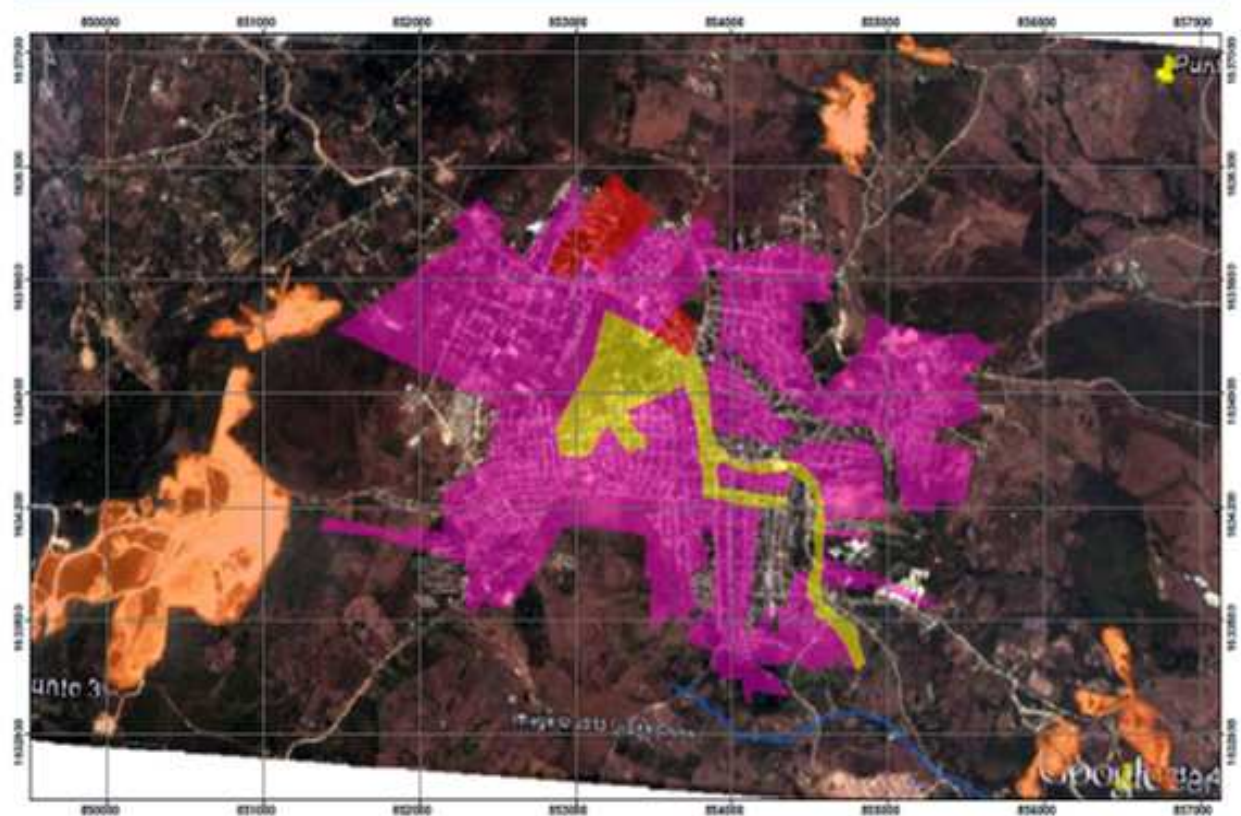
SISTEMA DE COORDENADAS  
 MUNICIPIO, COLOMBIA, BOGOTÁ  
 Proyección: Transversa Mercator  
 False Easting: 1000.000  
 False Northing: 1000.000  
 Central Meridian: -74.2779792  
 Scale Factor: 1.0  
 Latitude Of Origin: 4.8600043  
 Linear Unit: Meter

Legenda

Barrios

|   |  |
|---|--|
| DEPARTAMENTO DE<br>ARQUITECTURA,<br>URBANISMO Y DISEÑO  |  |
| INSTITUTO DE URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL<br>INSTITUTO DE URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL<br>INSTITUTO DE URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL |  |
| Autor<br>INSTITUTO DE URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL  | Fecha<br>INSTITUTO DE URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL |
| Escala<br>1:2.500   | Hoja<br>1  |
| Proyección<br>INSTITUTO DE URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL   | Mapa<br>INSTITUTO DE URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL  |

# USO ACTUAL DEL SUELO - CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO



## Convenciones

|   |  |  |
|---|--|--|
| <span style="color: blue;">■</span> Uso de Protección | <span style="color: red;">■</span> Uso Institucional | <span style="color: magenta;">■</span> Uso Residencial |
| <span style="color: orange;">■</span> Uso Agrario     | <span style="color: yellow;">■</span> Uso Comercial  |  |

CONTIENE:  
PLANO DEL USO ACTUAL DEL SUELO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO.

TESIS:  
CONTROL DE INUNDACIONES EMPLEANDO LOS SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLE  
COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN URBANA  
EN EL MUNICIPIO DE TURBACO

# **PLANOS URBANISTICOS**



# VISTA EN PLANTA CANAL - CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO



SISTEMA DE COORDENADAS:  
MAGNA\_COLOMBIA\_BOGOTA  
Projection: Transversa Mercator  
False Easting: 1000.000  
False Northing: 1000.000  
Central Meridian: -74,07750792  
Scale Factor: 1.0  
Latitude Of Origin: 4,8620642  
Linear Unit: Meter

## Leyenda

Planta canal.jpg

RGB

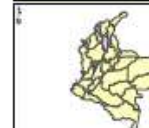


|   |                            |                            |
|---|----------------------------|----------------------------|
|  <b>DEPARTAMENTO DE<br/>ARQUITECTURA,<br/>URBANISMO Y DISEÑO</b>               |                            |                            |
| <b>SUBSECRETARÍA DE URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL</b>  |                            |                            |
| Oficina de Planeación y Desarrollo Urbano<br>Calle 100 No. 100-100, Bogotá, D.C.<br>Teléfono: (57) 201 201 2011<br>Correo electrónico: planeacion@urbandeput.gov.co |                            |                            |
| Página 1 de 1   |                            |                            |
| Elaboró:<br>MIGUEL GONZALEZ   | Revisó:<br>MIGUEL GONZALEZ | Diseñó:<br>MIGUEL GONZALEZ |
| Escala:<br>1:1.000  | Fecha:<br>10/05/2016       | Hoja:<br>1 de 1            |
| Asesor:   | Proyecto:                  | Fin:                       |





# PERFIL CALLE - CANAL1 CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO



SISTEMA DE COORDENADAS  
MAGNA COLOMBIA, BOGOTÁ  
Proyección: Transversa Mercator  
Falsa Easting: 1900.000  
Falsa Northing: 1900.000  
Central Meridian: -74,07750762  
Scale Factor: 0.9  
Latitude Of Origin: 4,59620042  
Linear Unit: Meter

## Leyenda

Perfil calle - canal 1.jpg

RGB



DEPARTAMENTO DE  
ARQUITECTURA,  
URBANISMO Y DISEÑO

BOGOTÁ DE COLOMBIA - BOGOTÁ DE COLOMBIA - BOGOTÁ DE COLOMBIA

| Proyecto   | Fecha      | Elaborado  |
|------------|------------|------------|
| MOTIVACIÓN | 10/05/2015 | MOTIVACIÓN |
| Revisado   | 10/05/2015 | Revisado   |
| Aprobado   | 10/05/2015 | Aprobado   |

# VISTA URBANISMO CICLO VÍA - CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO



SISTEMA DE COORDENADAS  
MAGNA, COLOMBIA, BOGOTÁ  
Proyección: Transverse Mercator  
False Easting: 1000.000  
False Northing: 1000.000  
Central Meridian: -74.07789192  
Scale Factor: 1.0  
Latitude Of Origin: 4.5920042  
Linear Unit: Meter

## Leyenda

Urban ciclovia.jpg

RGB

|  |               |
|--|---------------|
|  | Red: Band_1   |
|  | Green: Band_2 |
|  | Blue: Band_3  |

|   |          |          |
|---|----------|----------|
| <b>DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO</b> |          |          |
| <b>INSTITUTO DE URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL</b>  |          |          |
| Calle 100 No. 100-100, Bogotá D.C.                      |          |          |
| Teléfono: (01) 261 1000                                 |          |          |
| E-mail: info@idter.gov.co                               |          |          |
| Web: www.idter.gov.co                                   |          |          |
| Proyecto  | Proyecto | Proyecto |
| Autores   | Autores  | Autores  |
| Fecha   | Fecha    | Fecha    |
| Revisión  | Revisión | Revisión |



# EMBALSE PROPUESTO CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO



SISTEMA DE COORDENADAS  
MAGDA, COLOMBIA, BOGOTÁ  
Projection: Transversa Mercator  
False Easting: 1000.000  
False Northing: 1000.000  
Central Meridian: -74,07750192  
Scale Factor: 1.0  
Latitude Of Origin: 4.8800042  
Linear Unit: Meter

## Leyenda

Embalse.jpg

RGB

|  |               |
|--|---------------|
|  | Red: Band_1   |
|  | Green: Band_2 |
|  | Blue: Band_3  |

DEPARTAMENTO DE  
ARQUITECTURA,  
URBANISMO Y DISEÑO

INSTITUTO VECINAL Y DESARROLLO TERRITORIAL

SECTOR AGROPECUARIO

SECTOR AGROPECUARIO

SECTOR AGROPECUARIO

SECTOR AGROPECUARIO

SECTOR AGROPECUARIO

SECTOR AGROPECUARIO

SECTOR AGROPECUARIO

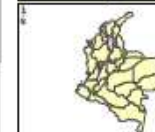
SECTOR AGROPECUARIO

SECTOR AGROPECUARIO





# VISTA URBANISMO POLIDEPORTIVO - CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO



SISTEMA DE COORDENADAS  
WAGNA, COLOMBIA, BOGOTÁ  
Projection: Transverse Mercator  
False Easting: 1'000.000  
False Northing: 1'000.000  
Central Meridian: -74,07783762  
Scale Factor: 1.0  
Latitude Of Origin: 4,59620042  
Linear Unit: Meter

## Leyenda

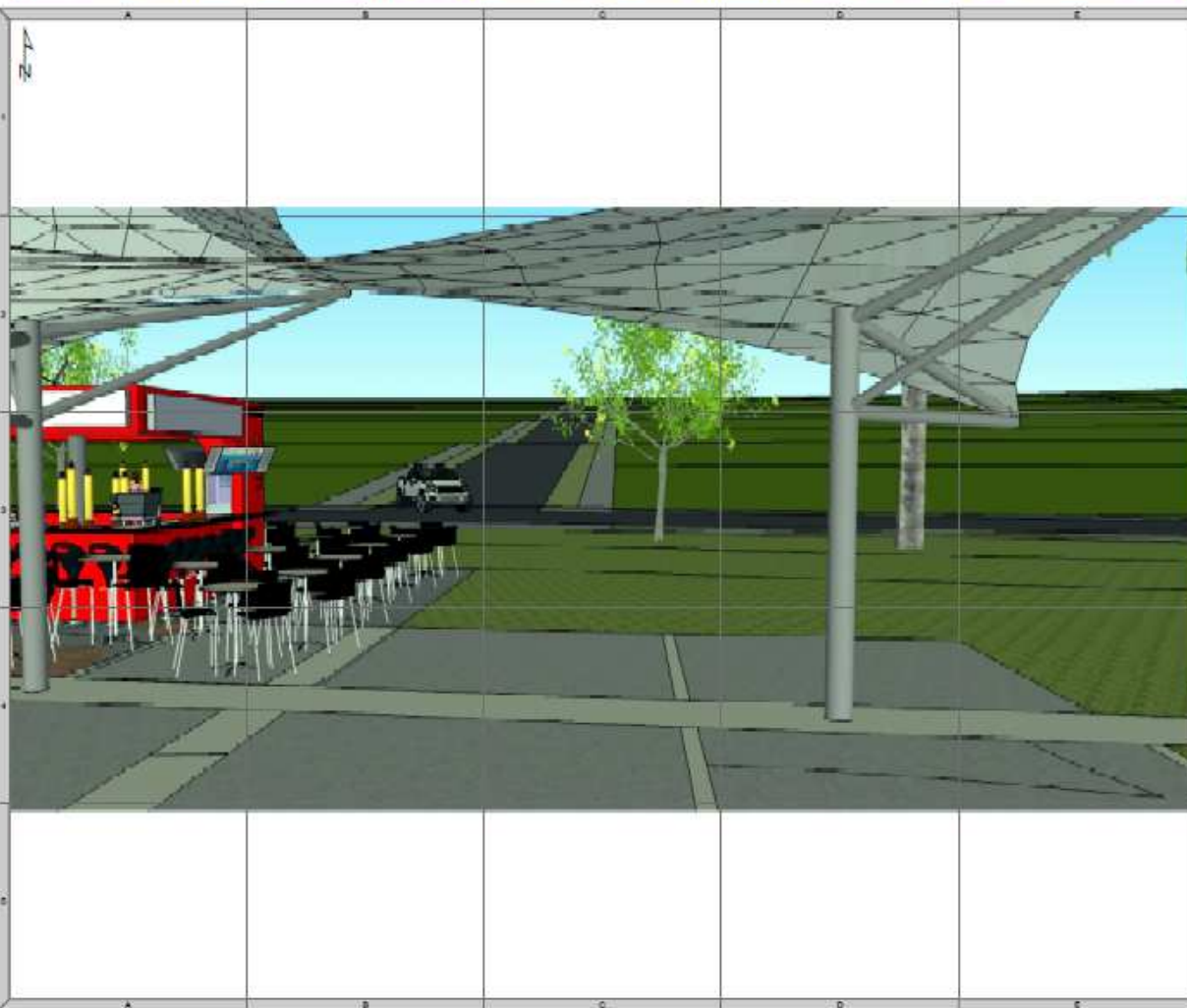
Urban polideportivo.jpg

RGB



|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO</b>   |  |  |  |
| <b>SUBSECTOR DE URBANISMO Y DESARROLLO TERRITORIAL</b>  |  |  |  |
| <small>El presente documento es propiedad del Departamento de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Toda reproducción o uso no autorizado sin el consentimiento escrito del Departamento de Arquitectura, Urbanismo y Diseño será sancionada.</small> |  |  |  |
| <small>Proyecto:</small>  |  |  |  |
| <small>Barrio:</small><br>SANTO DOMINGO P   | <small>Parcela:</small>                      | <small>Parcela:</small><br>SANTO DOMINGO P |  |
| <small>Escala:</small><br>1:1.500   | <small>Fecha:</small><br>OCTUBRE 2014        | <small>Revisión:</small>                   |  |
| <small>Autores:</small>   | <small>Diseño:</small><br>JUAN CARLOS GARCIA | <small>Rev:</small>                        |  |

# VISTA URBANISMO DE LOTES EN LADERAS - CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TURBACO



SISTEMA DE COORDENADAS  
MAGNA, COLOMBIA, BOGOTÁ  
Proyección: Transverse Mercator  
False Easting: 1500.000  
False Northing: 1500.000  
Central Meridian: -74.07789782  
Scale Factor: 1.0  
Latitude Of Origin: 4.86026642  
Linear Unit: Meter

## Leyenda

Urban lots ladera.jpg

RGB



DEPARTAMENTO DE  
ARQUITECTURA,  
URBANISMO Y DISEÑO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO